Die Technik
des
modernen Mikroskopes.

Ein Leitfaden zur Benützung moderner Mikroskope für alle praktischen Berufe im Hinblick auf die neueren Errungenschaften auch auf dem Gebiete der Bakterioskopie und unter besonderer Berücksichtigung der Fortschritte der österreichischen und reichsdeutschen optisch-mechanischen Werkstätten

von

Dr. Wilhelm Kaiser
in Wien.

Zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage.

Mit vielen Abbildungen.

Wien 1906.
Verlag von Moritz Perles, k. u. k. Hofbuchhandlung
I. Seilergasse 4.

Wilhelm Fischers Buchdruckerei, Wien, IX.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die kleinen, mit freiem Auge schwer oder gar nicht erkennbaren leblosen Objecte und Lebewesen und die im kleinsten Raume sich vollziehenden Veränderungen gewinnen für die moderne Menschheit von Tag zu Tag an Bedeutung. Der Botaniker, der Zoologe, der Mineraloge, der Chemiker, der Arzt, der Pharmaceut, der Land- und Forstwirt, der Techniker *dürfen deshalb jene Instrumente und Methoden, welche em menschlichen Auge die Welt im kleinsten Raume erschliessen,* nicht als etwas mehr Nebensächliches, eigentlich blos dem Berufsgelehrten Unentbehrliches betrachten, wie dies leider noch zuweilen vorkommt, wenn sie nicht weit hinter den Errungenschaften der Neuzeit zurückbleiben wollen, mit anderen Worten: Sie alle müssen *Mikroskopiker* sein.

Viele theils allgemeinere, theils blos ein specielles Fach berücksichtigende Werke sind erschienen, um die Einrichtung und Benützung des Mikroskopes zu lehren, doch sind die allgemeineren, z. B. Harting's classisches Werk, schon veraltet, die speciellen jedoch, wie z. B. Dr. *Carl Friedländer's* „Mikroskopische Technik zum Gebrauche bei medicinischen und pathologisch-anatomischen Untersuchungen", thatsächlich blos für den Fachgelehrten geschrieben. Dasselbe gilt von Dr. *Frey's, Dippel's* und *Behren's* trefflichen Büchern. Ein neues, ganz vorzüglich ausgestattetes Buch, Dr. *Hager-Mez'* „Das Mikroskop und seine Anwendung", berücksichtigt fast gar nicht die verschiedenen, aus österreichischen Werkstätten hervorgegangenen Instrumente und ihre technischen Besonderheiten. Ueberhaupt ist es ein Mangel der meisten im Auslande verlegten einschlägigen Bücher, dass die österreichischen Verhältnisse und Bezugsquellen zu wenig, jedenfalls weniger, als sie verdienen, hervorgehoben erscheinen.

Der Verfasser des vorliegenden Lieferungswerkchens hat nun, sich an einen speciell für Apotheker von ihm im letzten Jahrzehnt geschriebenen Leitfaden zur Benützung moderner Mikroskope anlehnend, in Gestalt einer gänzlich umgearbeiteten und entsprechend den neuesten Errungenschaften auf diesem Gebiete ergänzten zweiten Auflage des vorerwähnten Leitfadens folgendes Ziel zu erreichen gesucht: *Die in Oesterreich und Deutschland gebräuchlichsten Typen der modernen Mikroskope und sonstigen der Erforschung der Welt im kleinsten Raume dienenden Apparate und Utensilien in Wort und Bild zu beschreiben und ihre Wirkungsweise, soweit dies ohne dem*

Praktiker nur als Ballast erscheinende, langwierige mathematische Ableitungen möglich ist, auch zu erklären, die Anwendung durch Beispiele aus den verschiedensten Gebieten mikroskopischer Forschung zu erläutern und auch die erprobtesten Methoden der jetzt so wichtig gewordenen Bakterienschau (Bakterioskopie) dem Leser vorzuführen, wobei auch auf billigere, kein grosses und kostspieliges Instrumentarium voraussetzende Arbeitsweisen Rücksicht genommen wurde. Wer dieses Buch durchgearbeitet hat, wird dann jedes seinem besonderen Berufe dienende mikroskopische Fachwerk leichter verstehen. Um dieses Verständnis auch der neuesten Errungenschaften der mikroskopischen Technik zu ermöglichen, konnten die gerade in die Zeit, als vorliegender Leitfaden eben abgeschlossen werden sollte, fallenden neuen bahnbrechenden Erfindungen nicht unberücksichtigt bleiben. Wir meinen damit die Construction des *Siedentopf-Zsigmondy'schen Ultramikroskopes,* des *Köhler'schen mikrophotographischen Verfahrens unter Benützung des ultravioletten Lichtes* sowie die Verwirklichung der Abbe'schen Idee einer *Dunkelfeldbeleuchtung für ultramikroskopische oder fast ultramikroskopische Mikroorganismen,* welche letztere neuestens bei der Sichtbarmachung und Charakterisirung der *Schaudinn'schen* Spirochaete pallida, die derzeit als wahrscheinliche Erregerin der Lues betrachtet wird, schon eine gewisse Rolle gespielt hat.[1]) Das Abwarten zuverlässiger Nachrichten über vorgenannte Erfindungen auf dem Gebiete der Mikrotechnik, die Beschaffung der nötigen Abbildungen etc. haben eine unliebsame Verzögerung des Abschlusses dieses anspruchslosen Leitfadens herbeigeführt, für welche der Verfasser hiemit um Entschuldigung bittet.

Wien, im März 1906.

Dr. Wilhelm Kaiser.

---

[1]) Vergl. u. A. die Studie aus der Hautkrankenstation des städtischen Krankenhauses in Frankfurt a. M. *„Zur Kenntniss der Spirochaete pallida“* von Oberarzt Dr. *Carl Herxheimer* in der „Münchener med. Wochenschrift“ vom 26. September 1905, Nr. 39, S. 1861 und 1862.

NB. Die bemerkten Druckfehler finden sich unter „Errata" auf Seite 589 dieses Buches zusammengestellt.

Ausserdem soll es auf Seite 283, 20. Zeile von oben, heissen: „getraue ich mich" statt getraue ich mir.

Inhaltsverzeichnis.

erhaben (convex) geschliffenen Glaslinse ist, und wenn die Strahlen eines fernliegenden leuchtenden Gegenstandes *mz*, welcher in der Figur weggelassen und in sehr grosser Entfernung von der Linse gedacht ist (z. B. die Sonne), parallel mit der optischen Achse der Linse auf dieselbe auffallen, so gehen sie bis zur gewölbten Fläche fast ungebrochen durch, bis sie die kugelförmig gekrümmte Fläche erreichen, worauf, abgesehen von dem kleinen Theile, welcher etwa zurückgeworfen wird, der grössere Theil des Lichtes auch die gekrümmte Fläche durchdringt, aber in veränderter Richtung. Am Austrittspunkte des Strahles *m*, bei *n*, tritt diese Ablenkung (Brechung) desselben ein und zwar wird der Strahl *m* gegen die optische Achse *xy* hin abgelenkt

Um diese Ablenkung leichter schätzen zu können, denkt man sich senkrecht auf eine (im Holzschnitte nicht sichtbare) Tangente des Punktes *n* eine Linie gezogen, *no*, welche man das Einfallsloth des Punktes *n* nennt. Man sieht nun, dass der Strahl *m* unter einem gewissen Winkel vom Einfallslothe hinweg gebrochen wird.

Aehnlich wird der Strahl *z* beim Austrittspunkte *p* vom Einfallslothe *pq* hinweg zur optischen Achse hin gebrochen. Beide Strahlen schneiden sich nun mit der optischen Achse im Punkte *f*, Focus oder Brennpunkt genannt. Die Distanz dieses Brennpunktes von der Linse *uf* nennt man die Focaldistanz oder Brennweite der Linse. Oft spricht man aber kurzweg vom „Focus“ einer Linse oder auch einer Combination von Linsen, anstatt „Focaldistanz“ zu sagen und man hört dann oft die Redensart, diese oder jene Linse habe einen kürzeren „Focus“ als eine andere.

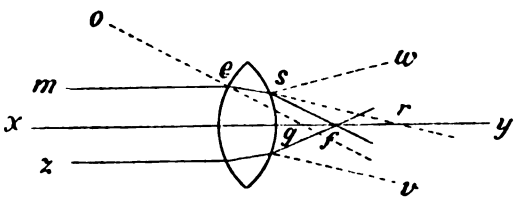


Fig. 2.

Dieser Sprachgebrauch ist freilich unrichtig, aber sehr eingebürgert.

Denken wir uns nun anstatt der plancovexen Linse eine auf beiden Seiten erhaben geschliffene, sogenannte biconvexe Linse in die Bahn der Strahlen eines weit entfernten Gegenstandes (etwa der Sonne) gebracht, so werden, wie Fig. 2 zeigt, die parallel mit der optischen Achse *xy* auf die Linse fallenden Strahlen beim Eintritt in dieselbe gegen das Einfallsloth *oe* zu gebrochen und sie würden, wenn sie weiter keine Ablenkung erfahren würden, die optische Achse in *r* durchschneiden.

Dies geschieht aber nicht, weil sie bei dem Austrittspunkte aus der zweiten Wölbung der Linse, bei *s*, wieder und zwar (wie im Falle der Fig. 1) vom Einfallslothe *sw* hinweg gebrochen werden, so dass sie die optische Achse bei *f*, dem Brennpunkte der Linse, treffen. Die Distanz des Focus von der Linsenoberfläche, *fg*, ist wieder die Brennweite der Linse.

Auch das menschliche Auge ist bekanntlich ein dioptrischer Apparat, bestehend aus einer biconvexen Linse, welche die Strahlen, die von selbstleuchtenden oder beleuchteten Gegenständen ausgehen, bricht, auf der Netzhaut, die so ziemlich im Focus der Augenlinse liegt, zu einem verkehrten Bildchen vereinigt und durch den auf die Netzhaut ausgeübten Reiz dem Gehirne zur Verarbeitung zu einer Vorstellung zugänglich macht. Wir fassen das verkehrte Strahlenbild dann als aufrechtes Bild auf; wie dies geschieht, ist noch nicht ganz klar gestellt und gehört zu den vielen Räthseln der Verbindung des materiellen Organismus mit den geistigen Functionen des Menschen.

Aber auch der rein physikalische Vorgang spielt sich im menschlichen Auge nicht so einfach ab, wie er hier geschildert wurde. Das Auge besteht ja bekanntlich zum Theile aus einer gallertartigen Flüssigkeit, welche den Glaskörper bildet. Denselben umschliessen drei Häute, deren unterste die empfind-

iche, vorerwähnte Netshaut ist, auf welcher sich der Sehnerv ıusbreitet.

Die Netzhaut (retina) ist umgeben von der Gefässhaut (Chorioide st von zahlreichen Blutgefässen durchzogen. Ihr vorderer Theil l ɔraun, grau oder blau gefärbte Regenbogenhaut (Iris), gewöhnlich stern" genannt, die in der Mitte eine kreisförmige Oeffnung hat, die Zwischen Netzhaut und Pupille liegt die Krystalllinse, jedoch sehr Pupille, so dass diese eine Abblendung des Lichtes bewirkt. Da n nur die Krystalllinse selbst, sondern auch die Iris und dann die artige Flüssigkeit des Glaskörpers auf die Lichtstrahlen bei jedem Aufr selben auf die gewölbten Oberflächen brechend einwirken, so muss man, die Wirkung der Krystalllinse, welche ja ausschlaggebend ist, sich zu wärtigen, ein sogenanntes „reducirtes Auge" annehmen. I Auge sind Iris und Augenflüssigkeiten weggedacht, so dass das Auge d aus der Pupille, der biconvexen Augenlinse und der hinteren, sonst vom G erfüllten Augenkammer besteht oder aber, dass man die brechenden W der Iris und der Feuchtigkeiten des Auges, als gegenüber der br Wirkung der Krystalllinse unendlich klein, vernachlässigt.

Fig. 3 zeigt uns so ein reducirtes Auge. Ein Gegenstand *ab* erzeug kehrte Bild *b' a'* auf der Netzhaut. Den Winkel *a o b* nennt man den Seh Bringt man den Gegenstand dem Auge so nahe, dass er sich in der Linie findet, so wird das Bild *B' A'* erzeugt. Der Sehwinkel *AoB* ist um so viel grösser geworden (gegenüber dem Winkel *a o b*), als der Gegenstand dem Auge näher gerückt wurde. Durch ein unbewusstes Schätzungsvermögen beurtheilen wir die Grösse eines Gegenstandes zunächst nach der Grösse des Sehwinkels; daher erscheint uns eine nahe vor das Auge gehaltene Erbse scheinbar ebenso gross,

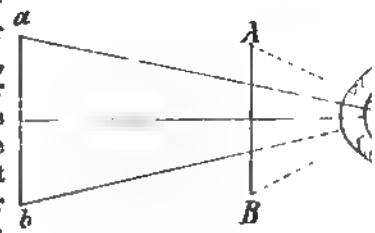


Fig. 3.

als der rund 50.000 Meilen von uns entfernte Mond. Erst durch Erfah Uebung lernen wir mit Hilfe des Tastsinnes und vermöge des durch die unserer Augen bewirkten körperlichen Sehens die Grösse naher und Gegenstände (welche freilich nicht so weit entfernt sein dürfen, dass un fahrung über solche Entfernungen fehlt) beiläufig richtig abschätzen handelt es sich dann schon um eine bewusste Denkfunction (Augenm halbjährige Kind greift bekanntlich nach dem Monde. Der sechsjährige S wird dies nicht mehr thun. Eine eigenthümliche Function unseres Auge unbewusst üben, die aber ganz gewiss durch einen Reiz zustande kommt irgendwie vom Gehirne aus dirigirt wird, ist die sogenannte Accom oder das Accommodationsvermögen des Auges. Es beruht auf Aenderungen der Convexität der Krystalllinse unseres Sehorganes, wod selbe fähig wird, sich der Entfernung, in welcher ein Gegenstand sich vo findet, zu accommodiren, indem die Linse durch Ausbauchung ihre Brenn kürzt und dann auch von nahen Objecten ein Bild auf der Netzhaut entwi Verminderung der Convexität dagegen die Brennweite etwas verlän dann auch von entfernten Gegenständen ausgehende Strahlen auf der zur Convergenz zu bringen im Stande ist, und so ein deutliches Bild Selbstverständlich hat dieses Accommodationsvermögen seine Grenzen individuell sind. Gibt es doch für jedes Auge eine sogenannte „deutli weite", nämlich richtiger gesagt, die kürzeste Sehweite oder nannten Nahepunct des Auges, welche ja bei Kurzsichtigen ringere ist als bei Weitsichtigen und bei diesen eine grössere als b

mit so ziemlich normalem Auge. Von einem wirklich „normalen" Auge wird man wohl kaum sprechen können, aber man hat einen Mittelwerth zwischen den Sehweiten von vielen so ziemlich normalen Augen durch Berechnung des arithmetischen Mittels gefunden und hat danach Grund, die deutliche (kürzeste) Sehweite eines ideellen, vollkommen normalen Auges mit 216 *mm* anzunehmen. Wir werden später sehen, dass der richtige Vergrösserungswerth der optischen Apparate, also auch des Mikroskopes stets auf diese Sehweite bezogen werden sollte, weil der zu betrachtende Gegenstand von einem Normalsichtigen stets in diese kürzeste deutliche Sehweite gebracht werden wird, wenn er ihn am grössten und dabei am deutlichsten sehen will; es haben aber die Gelehrten Deutschlands und Frankreichs sich geeinigt, nicht die kürzeste deutliche Sehweite, bei welcher das normale Auge allerdings den Gegenstand am grössten und gleichzeitig am deutlichsten sieht, jedoch — wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man wirklich nicht kurzsichtig ist — rasch ermüdet, als Grundlage bei Beurtheilung der Vergrösserung zu nehmen, sondern die **mittlere** deutliche Sehweite, welche 250 *mm* beträgt und gefunden wurde, indem man das arithmetische Mittel zog aus den Distanzen, in denen ein normales Auge einen kleinen Gegenstand (etwa die Druckschrift eines Buches) bei äusserster Annäherung oder äusserster Entfernung noch deutlich ausnehmen konnte.

Dabei sind natürlich bezüglich des Begriffes „deutlich" so weite Grenzen möglich, dass die englischen Gelehrten die mittlere deutliche Sehweite abweichend von Deutschen und Franzosen mit 10 engl. Zollen, also 254 *mm* berechnet und danach auch die Werte der Vergrösserungen ihrer Instrumente bestimmt haben.

Möge man nun die mittlere Sehweite mit 250 *mm* oder 254 *mm* annehmen, sicher ist, dass von einem nicht allzu kleinen Gegenstande, welcher sich in der deutlichen Sehweite befindet, ein scharfes Bild desselben auf der Netzhaut entsteht.

Bei sehr kleinen Gegenständen wird dies aber nicht mehr der Fall sein.

Wie aus der Fig. 3 entnommen werden wolle, bildet der Durchmesser des betrachteten Gegenstandes ab resp. AB die Tangente des Sehwinkels aob resp. AoB. Wird nun ab oder AB, das ist die Grösse des betrachteten Gegenstandes, so klein gesetzt, dass der Winkel aob resp. AoB weniger als eine halbe Bogenminute misst, so sieht man nach dem Obenausgeführten den Gegenstand überhaupt kaum mehr und schon bei Annäherung an diesen Grenzwert von einer halben Bogenminute beginnt die Wahrnehmung des Gegenstandes eine immer undeutlichere zu werden. Wir können nun, wie wir oben gesehen haben, durch Annäherung des Gegenstandes an das Auge über die kürzeste deutliche Sehweite hinaus den Sehwinkel zwar vergrössern, doch fällt dann, da das Accommodationsvermögen, wie vorerwähnt, seine Grenzen hat — das Bild des Gegenstandes nicht mehr auf die Netzhaut selbst, sondern hinter dieselbe und es gelangt daher nicht mehr zum deutlichen Bewusstsein. Da die Augenlinse eines Kurzsichtigen eine kürzere Brennweite hat, als jene eines Weitsichtigen, so wird ein Kurzsichtiger den Gegenstand näher an das Auge heranzubringen vermögen, ehe das Bild hinter die Netzhaut fällt, er wird also sehr kleine Gegenstände infolge seiner Kurzsichtigkeit besser auszunehmen im Stande sein, als ein Weitsichtiger oder ein Mensch mit normalem Auge, aber auch bei einem Kurzsichtigen tritt bei zunehmender Kleinheit des Gegenstandes rasch eine Abnahme der Deutlichkeit des Netzhautbildchens ein, so dass auch bei diesem schliesslich eine Nachhilfe durch ein sogenanntes Vergrösserungsglas nothwendig werden wird. Der Weitsichtige, dessen Augenlinse eine grössere Brennweite hat, als die eines normalen Auges, muss sogar zum Lesen sich einer Brille aus convexen Gläsern, also aus Vergrösserungsgläsern, bedienen, da bei ihm schon bei mässiger Annäherung des kleinen Gegenstandes die Strahlen, welche von diesem ausgehen — nicht auf der Netzhaut,

sondern hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen, also auf der Netzhaut kein deutliches Bild ergeben. Diese Brille aus convexen Gläsern, deren sich ein Weitsichtiger bedient, wirkt aber auf folgende Weise:

Indem sie vor die Augenlinsen, die bei weitsichtigen Personen zu wenig gewölbt sind, kommt, macht sie die Strahlen eines nahen Gegenstandes durch Brechung (vgl. Fig 2) convergent, weil jedes convexe Glas der Brille die Strahlen zu einem Brennpunkte zu vereinigen sucht. Die Augenlinse nimmt nun diese schon convergirenden Strahlen auf, macht sie noch mehr convergent und so ist es einleuchtend, dass sich dann die von dem nahen Gegenstande kommenden Strahlen zu einem Bilde auf der Netzhaut vereinigen werden, geradeso, als ob der Gegenstand entfernter vom Auge gewesen wäre.

Nun verhält sich so kleinen Entfernungen gegenüber, in welche ein kleiner Gegenstand gebracht werden müsste, um einen grösseren Sehwinkel, als den minimalen von einer halben Bogenminute zu erzielen, wie wir ausgeführt haben, jedes, auch das kurzsichtigste Auge, ebenso, sowie ein weitsichtiges zu relativ nicht so kurzen Distanzen und es lag nahe, dasselbe Mittel (Brillengläser convexer Form) als Vergrösserungsgläser auch für nicht weitsichtige Personen zu benützen. In der That schreibt man die Erfindung des Mikroskopes und des Fernrohres einem holländischen Brillenschleifer oder vielmehr dessen Kindern zu, ob mit Recht oder Unrecht, wollen wir hier nicht untersuchen.

Nehmen wir aus einer solchen convex geschliffenen Brille ein Glas heraus und halten dasselbe derart, dass es zwischen einen kleinen Gegenstand und unser Auge kommt, so wirkt das Glas als sogen. Lupe. Man macht solche Lupen für wissenschaftliche Zwecke oft planconvex und kehrt die convexe Seite dem Auge, die plane dem Gegenstande zu.

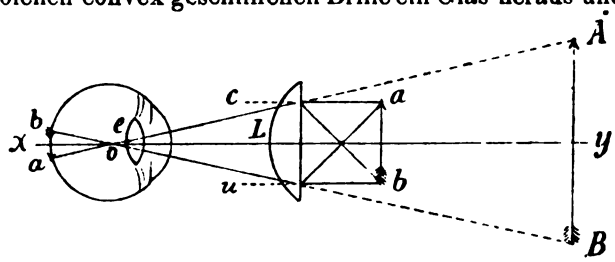


Fig. 4.

Stellt der kleine Pfeil *ab* den Durchmesser des zu betrachtenden Objectes dar und *L* die planconvexe Lupe, so ist *xy* die optische Achse des Auges und der Linse, welche als Lupe dient und es werden die senkrecht auf die plane Fläche der Linse *L* fallenden Strahlen zur optischen Achse hin gebrochen, also convergent gemacht, während sie ohne die Linse *L* in der Richtung *ac* und *bu* weiter gehen würden. Sie gelangen auf der Netzhaut des Auges zur Vereinigung und bilden infolge der Wirkung der biconvexen Augenkrystalllinse *l* auf der Netzhaut das Bildchen *b' a'*, welches natürlich verkehrt sein wird, da sich die Strahlen in *o* schneiden, welches aber als aufrechtes zum Bewusstsein kommt. Die Strahlen scheinen dann nicht von *ab* herzukommen, sondern gleichsam von dem entfernteren, aber grösseren Pfeile *A B*.

Der Sehwinkel *A o B* ist also grösser geworden und dadurch erscheint auch das Object vergrössert. Solche einfache Vergrösserungsgläser können, wenn sie recht klein gemacht werden, 20—40fach und noch mehrfach vergrössern, doch geht man zu wissenschaftlichen Zwecken in der heutigen Zeit, in welcher bequemere Vorrichtungen zur Vergrösserung zur Verfügung stehen, über eine 5—10 malige Vergrösserung bei Lupen selten hinaus.

Versieht man eine Lupe mit einer Vorrichtung, welche gestattet, dieselbe zu benützen, ohne sie in der Hand halten zu müssen, so spricht man von einer Stativ-Lupe. Bringt man am Lupenstative noch einen Objecttisch an, das heisst, eine Platte, welche gestattet, den Gegenstand aufzunehmen und ihn auf der Platte in die gehörige, das deutliche Sehen am meisten begünstigende Distanz von der Lupe zu bringen, dabei aber auch entsprechend zu beleuchten,

so hat man dann eine Vorrichtung, welche man einfaches Mikroskop (Simplex) nennt.

Man benützte früher, als die zusammengesetzten Mikroskope noch zu unvollkommen und auch später, als es zwar schon vollkommenere gab, diese jedoch theuer waren, die einfachen Mikroskope sehr häufig zu wissenschaftlichen Forschungen. Insbesondere fertigten sich viele berühmte Naturforscher die Linsen zu den einfachen Mikroskopen selbst an, indem sie Glasfäden oder dünne Glasstreifen in der Lichtflamme oder mit Hilfe der Spirituslampe zu kleinen Kügelchen umschmolzen und diese entsprechend gefasst, als optischen Apparat ihrer einfachen Mikroskope benützten. Swammerdamm und andere berühmte Gelehrte machten mit solchen einfachen Mikroskopen bahnbrechende Entdeckungen. Da solche Instrumente aber das Auge sehr ermüdeten, eine höchstens 300malige Vergrösserung zuliessen, ohne dass das Bild durch Lichtmangel gar zu undeutlich wurde und überdies eine zu grosse Annäherung des Objectes an das optische Glas nöthig machten, verliess man sie sofort, als man gelernt hatte, vollkommene und wohlfeile zusammengesetzte Mikroskope (Composita) herzustellen. Nur bei den Hilfsmitteln zum Präpariren von Objecten für das zusammengesetzte Mikroskop werden wir den einfachen Mikroskopen sozusagen als Hilfsapparaten der zusammengesetzten begegnen.

Wo hier also von Mikroskopen schlechtweg die Rede ist, haben wir stets die „Composita“ im Auge.

Die Bedeutung der zusammengesetzten Vergrösserungsgläser hat durch die mit denselben gemachten bahnbrechenden Entdeckungen in der Bacterienkunde, Pathologie und der auf diesen beiden Disciplinen aufgebauten antiseptischen Therapie und aseptischen Chirurgie seit den letzten zehn Jahren stetig zugenommen und mit deren Bedeutung stieg im gleichen Verhältnisse die Vervollkommnung und Verwohlfeilung der genannten Instrumente, welche einerseits mit der Erfindung der apochromatischen homogenen Immersionslinsen von Dr. Abbe und Zeiss in Jena und andererseits durch die Herstellung billiger und doch vortrefflicher Mikroskope durch die Wiener Firmen Carl Reichert, Merker, Ebeling und die deutschen Firmen E. Hartnack, Leitz, Zeiss, Winkel u. a. m. ihren in diesem Saeculum wohl kaum mehr zu überbietenden, vorläufigen Höhepunkt erreicht haben dürfte, wenn auch jedes Jahr wesentliche Fortschritte hinsichtlich der Anpassung der Instrumente an die modernen Anforderungen einzelner Zweige der Naturwissenschaften, z. B. der Bacterienkunde, bringt.

So ist das Mikroskop zu einer Waffe geworden für alle Pionniere der Wissenschaft, insbesondere aber für alle Jene, welche es sich zur Aufgabe gemacht haben, Krankheit und vorzeitigen Tod zu bekämpfen.

Um aber mit einer Waffe umgehen zu können, soll man die Einrichtung und insbesondere die sogenannten termini technici für die einzelnen Theile derselben kennen; ebenso soll also auch der angehende Mikroskopiker, wenn ihm auch die Theorie des Mikroskopes aus der Optik noch geläufig ist, die Theile dieses Instrumentes kennen und benennen lernen.

Das nächste Ziel einer Schrift über die Technik eines Instrumentes muss also die Beschreibung desselben und seines Gebrauches bilden, wobei der practische Zweck der einzelnen Theile eingehend erörtert werden soll. Nur wo die Theorie zum practischen Arbeiten mit dem Instrumente unumgänglich nothwendig ist, kann dieser in einem technischen Buche Raum gegeben werden. Wohl gibt es zahlreiche Leitfäden und Lehrbücher, welche Theorie und Praxis des Mikroskopes eingehend behandeln und daraus eine förmliche Wissenschaft die Mikroskopie, geschaffen haben; diese Werke sind aber theils bereits veraltet und — so schätzenswerth sie auch für den Fachmann als Nachschlagebücher sein mögen — für den Anfänger schwer zu benützen, da sie eben nicht die neuesten Methoden enthalten, welche sich eigen zu machen gerade der An-

fänger erpicht ist, oder sie sind blos Anleitungen für einzelne Wissenszweige, in denen das Mikroskop eine Rolle spielt, z. B. Histologie, und setzen dann denn doch eine gewisse Fachkenntnis voraus, sollen sie mit Nutzen verwendet werden können.

Von den Werken der ersten Art möchte ich nur Hartings classisches Werk aus dem Jahre 1866, „Das Mikroskop", 2. Original-Ausgabe, besorgt von Theile, 3 Bde., Braunschweig bei Friedrich Vieweg & Sohn, von jenen der zweiten Art Prof. Dr. Sigmund Exner's „Leitfaden bei der mikroskopischen Untersuchung thierischer Gewebe", Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann 1878, als sozusagen typische Beispiele nennen. Vielleicht wird sich andernorts Gelegenheit ergeben, auf diese oder jene Publication der einschlägigen Literatur kurz hinzuweisen.

Hier sollen diese beiden Werke eben nur gewissermaassen als Exempel der älteren allgemeinen Mikroskopie und der moderneren specialisirenden, Erwähnung finden. Uebrigens gibt es auch neuere allgemeine Werke [1]).

Im Gegensatze zu solchen trefflichen und erschöpfenden Compendien wollen wir uns hier darauf beschränken, die Kunst (Technik), mit dem Mikroskope zu arbeiten, soweit dies auf schriftlichem Wege irgendwie möglich ist — im Allgemeinen, das heisst **vorläufig** ohne Rücksicht auf eine besondere Disciplin (zum Beispiel der Bacterioskopie) auseinanderzusetzen, im weiteren Verlaufe aber Uebungsbeispiele aus den verschiedensten Disciplinen zu bearbeiten und dabei Objecte aus allen drei Reichen der Natur mikroskopischer Untersuchung zu unterziehen.

Manche, insbesondere populäre, mikroskopische Leitfäden bringen anstatt einzelner Beispiele eine förmliche Naturgeschichte mikroskopisch kleiner Gegenstände; wir können in diesem Leitfaden diesen Vorgang nicht nachahmen.

Blos zur Erläuterung der Methoden, wie man mikroskopisch beobachtet und nicht zur erschöpfenden Darlegung, was alles sich zu mikroskopischer Untersuchung eignet, sollte ein technisches Buch gewisse Untersuchungsbeispiele und diese derart bringen, dass sie den Bedürfnissen verschiedenster, das Mikroskop benützender Berufe entgegenkommen.

Wir schliessen hiemit die Einleitung und gehen auf den eigentlichen Stoff über, den wir zu behandeln haben.

Die Theile des Mikroskopes.

§ 1. Vorläufig setzen wir die Kenntnis der Theorie des zusammengesetzten Mikroskopes voraus; wir übergehen sie daher hier vollständig und werden auf dieselbe nur dort zurückgreifen, wo es zum Verständnis einer Einrichtung, beziehungsweise deren Zweckmässigkeit unumgänglich nothwendig ist.

Wir stellen also ein zusammengesetztes Mikroskop vor uns hin und erörtern sogleich dessen Theile.

Vorausschicken müssen wir hier, dass jedes zusammengesetzte Mikroskop aus zwei Haupttheilen besteht: dem sogenannten **mechanischen Theile** und dem sogenannten **optischen Theile**. Der mechanische Theil heisst auch „Stativ". Jeder dieser Theile hat seine besonderen Formen und jede dieser Formen ihre besondere Bestimmung.

§ 2. Der mechanische Theil besteht aus dem Fusse, dem zur Aufnahme der zu untersuchenden Gegenstände (Objecte) dienenden Tische und dem zur Aufnahme des optischen Theiles bestimmten Rohre, „Tubus" genannt,

---

[1]) Insbesondere: Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie von Dr. Leopold Dippel. Braunschweig 1885. Vieweg & Sohn.

welch' letzterer meist zwischen sich und dem Fussgestelle eine Vorrichtung besitzt, um dem Tische, der das Object trägt und somit auch letzterem selbst, genähert oder von ihm entfernt werden zu können.

Da diese Vorrichtung die Einstellung des Objectes oder vielmehr des Bildes desselben für das Auge des Beobachters bezweckt, nennt man dieselbe oft kurzweg „Einstellung".

Die nebenstehend abgebildete Fig. 5 wird an einem einfachen Instrumente versinnlichen, wie ein Mikroskop aussieht und aus welchen Theilen es besteht

Wir sehen bei *f* den Fuss, bei *tu* den Tubus, bei *p* die Tischplatte und bei *e* die Einstellung. Auf dem Tische liegt als Object ein Präparat *pr*, festgehalten von den in zwei Löchern der Tischplatte einsteckbaren zwei Klemmfedern *k*.

Um dem Objecte Licht zuzuführen, bedarf man eines Beleuchtungsapparates; dieser besteht in dem vorliegenden Falle aus einem runden, in dem Halbringe *r* um seine Flächenachse drehbaren Rahmen *sp*, welcher zwei Spiegel, auf jeder Seite einen, eingesetzt enthält, wovon der eine plan, der andere nach innen hohlgeschliffen (concav) ist. Der Halbring *r* ist überdies in der Hälfte seines Bogens durchbohrt und mittelst einer durchgesteckten Schraube *x* mit dem Spiegelarme *a* drehbar verbunden, welch' letzterer wieder unter der Tischplatte durch ein Schraubengelenk (aus der Ebene dieser Zeichnung herauszudenken) nach rechts und nach links drehbar ist, so dass dem Spiegelring damit eine möglichst leichte Verstellbarkeit nach beiden Seiten gesichert erscheint. Diese Verstellbarkeit ist bei grossen Instrumenten noch ausgedehnt, indem bei diesen das Charnier *x* oder das obere Armgelenk in einer Schiene nach oben und unten verschiebbar ist und bisweilen das unter dem Tische angebrachte Armgelenk nicht nur nach beiden Seiten, sondern auch nach vorne und hinten zu biegen geht, was seine besonderen, hier noch nicht näher zu erörternden Vortheile hat, aber bei den meisten Untersuchungen entbehrt werden kann.

Fig. 5.

Die Tischplatte *p*, hier rund, ist in der Mitte oder doch in der Nähe der Mitte mit einem runden Loch versehen, welches nicht unter 1 *cm* Durchmesser haben soll und dem reflectirten Lichte der Spiegelvorrichtung *sp* den Zutritt zu dem Objecte *pr* gestattet.

§ 3. Da es aber, wie später zur Erörterung kommen wird, für die Sichtbarkeit gewisser Details nothwendig erscheint, den vom Beleuchtungsapparate kommenden Lichtstrahlen bald eine grössere, bald eine geringere Zutrittsöffnung zum Objecte zu bieten, muss zwischen Beleuchtungsapparat und Object eine Vorrichtung vorhanden sein, durch welche es ermöglicht wird, einen Theil der Strahlen, die vom Spiegel kommen, unwirksam zu machen, d. i. abzublenden, wozu eine eigene, bei den kleineren und vielen mittleren Instrumenten meist am Tische, resp. an oder unter dessen Oeffnung angebrachte Vorrichtung, die „Blend-

vorrichtung" dient. In der vorliegenden Figur besteht dieselbe in runden, mit mehr oder minder grossen Oeffnungen versehenen Metallplättchen, welche von oben her in die Oeffnung des Tisches eingelegt werden können, was den Nachtheil hat, dass man die Blendung nicht während des Beobachtens ändern kann, da man ja das Präparat *p r* wegnehmen muss, so oft man die Blenden wechselt.

§ 4. Wir haben nun noch die Einstellvorrichtung, kurzweg „Einstellung" *e* genannt, kurz zu besprechen. Sie besteht beim vorliegenden Instrumente (Fig. 1) aus „Zahn und Trieb", d. h. es wird beim Drehen des Knopfes *g* ein mit diesem verbundener stählener Trieb gedreht, welcher in eine parallel zur Achse des Tubus *tu* an diesem selbst angelöthete, gezähnte, prismatische Stange von trapezoidalem Querschnitt [1]) eingreift, die in eine in den „Arm" des Statives selbst eingefraiste Nut *n* beweglich eingeschoben ist, so dass beim Drehen des Knopfes *g* sich der Tubus *tu* sammt dem in ihm angebrachten, später zu besprechenden optischen Theil hebt oder senkt, wobei darauf gesehen ist, dass diese Hebung und Senkung strenge in einer mit der Achse des Tubus parallelen Bewegungslinie erfolgt.

Eine derartige Einstellung mit Zahn und Trieb lässt sich aber nur bei schwächeren Vergrösserungen (etwa bis 350 linear) sicher anwenden, weshalb dieselbe zu den sogenannten „groben" Einstellungen gerechnet wird — im Gegensatze zu den sogenannten „feinen" Einstellungen, welche es mittelst einer Schraube gestatten, den Tubus um Hundertstel eines Millimeters dem Objecte oder dieses dem Tubus zu nähern und welche für alle Untersuchungen mit stärkeren Vergrösserungen unbedingt nothwendig sind, welche wir aber auch erst weiter unten ausführlicher besprechen werden.

Hier hat es sich uns vor Allem darum gehandelt, an einem einfachen Stative alle Theile, die wesentlich sind, kennen und benennen zu lernen und werden wir uns im Weiteren stets der termini technici bedienen.

— —

Allgemeines über den optischen Theil des Mikroskopes.

§ 5. Der optische Theil besteht aus dem Oculare *oc* (Fig. 5), welches in den Tubus eingeschoben und dem Objectivsysteme *s*, welches unten an den Tubus angeschraubt wird. Jedem besseren Mikroskope sind meist mehrere (mindestens zwei) Oculare und Objective, von denen das eine schwächer, das andere stärker vergrössert, beigegeben und liegt in deren Vortrefflichkeit der Schwerpunkt der Mikroskop-Baukunst, da man, so wichtig und erwünscht ein gutes Stativ ist, mit dem grössten und besten Stative ohne gute Objectivsysteme und Oculare nichts deutlich wahrnehmen kann. Wir wollen daher vor Allem beim optischen Theile etwas verweilen, bevor wir zur detaillirten Beschreibung der verschiedenen Mikroskopconstructionen und deren Handhabung übergehen. Einige theoretische Erörterungen werden hier nicht zu umgehen sein.

§ 6. Wir haben in der Einleitung aus Anlass der Erörterung des Begriffes „Mikroskop" der vergrössernden Eigenschaften der erhaben (convex) geschliffenen Glaslinsen gedacht und dabei auch die Begriffe Brennpunct und Brennweite (siehe Fig. 1. in der Einleitung) kennen gelernt. Ein kleines Object, nahe dem Brennpuncte *f*, jedoch ausserhalb der Brennweite *uf* befindlich und beleuchtet, wird bekanntlich ein vergrössertes Bild jenseits der Linse erscheinen lassen. Dieses reelle Bild wird dann durch das Ocular, welches wir uns vorläufig als aus einer einfachen Lupe bestehend denken — betrachtet und erscheint natürlicherweise wieder vergrössert, da wir es ja durch die Lupe ansehen.

---

[1]) Dieselbe kann natürlich auch halb- oder $^3/_4$-cylindrisch geformt sein.

Das soeben Gesagte gibt uns gleichzeitig eine Definition des zusammenge-
n Mikroskopes in seiner primitivsten Gestalt: Eine Linse (von kurzer
weite, da das entworfene Bild des Objectes desto grösser wird, je kürzer
rennweite ist), bei welcher in der Nähe des Brennpunktes das zu ver-
rende Object liegt (weshalb diese Linse „Objectiv" heisst), verbunden mit
zweiten Linse welch' letztere das von der ersteren entworfene Bild noch
vergrössert, das Ganze versehen mit einer Vorrichtung, welche gestattet,
Object in die richtige Lage zu bringen und es zu beleuchten.

Fig. 6 wird uns die einschlägigen Verhältnisse verdeutlichen, soweit sie
Gang der Lichtstrahlen betreffen. Wenn *ab* das kleine Object, z. B. eine
e, welches ausserhalb der Brennweite der Objectivlinse *l*, jedoch sehr
dem Brennpunkte derselben liegt — vorstellt, so werden alle von *a* aus-
den Strahlen in *A* und alle von *b* ausgehenden Strahlen in *B* zur Ver-
ing kommen. Bezüglich der anderen Punkte des Objectes *ab* gilt das Gleiche
so wird das reelle Bild *AB* zustande kommen, welches jedoch ver-
ert und verkehrt sein wird. Dieses verkehrte und vergrösserte Luftbild be-
trachten wir dann durch die als Ocular dienende Lupe *L*, wodurch dasselbe wieder so vergrössert wird, als läge es in der mittleren Sehweite bei *w'*. Es scheint also der Gegenstand in *b''a'* zu liegen und die Strahlen, welche durch das Ocular *L* gehen, erlangen jenen Grad von Divergenz, welcher der Entfernung des betrachtenden Auges von einem in *b''a''* liegenden Objecte entsprechen würde.

Aus der Zeichnung in Fig. 6 ergibt sich auch, dass nur der Abschnitt des Bildes, welcher zwischen *a'* und *b'* liegt, übersehen werden kann, weil die Strahlen von *bB* und *aA* an den Rändern der Ocularlinse *L* vorbeigehen. Der übersehbare Theil *a'b'* heisst Gesichtsfeld.

Fig. 6.

Um nun dieses Gesichtsfeld
er zu machen und, wie wir später sehen werden, auch aus anderen Gründen,
et man zwischen *L* und *l*, also zwischen das eigentliche Ocular und das
tiv noch eine Linse ein, welche man „Collectiv" nennt, weil sie das Bild
zusammenzieht, indem sie die Strahlen sammelt. Man könnte für Col-
ganz ohne weiters den deutschen Ausdruck „Sammellinse" setzen. Das
tiv ist denn auch eine planconvexe Sammellinse, etwas grösser als die
rlinse im engerem Sinne, welche mit der letzteren in ein Rohr gefasst
Dieses Rohr mit der eigentlichen Ocularlinse und dem Collectiv nennt
schlechtweg „Ocular" und zwar nach Huyghens und Campani,
e dieses Ocular schon in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts bei Fern-
r und Mikroskopen angewendet haben sollen, Huyghens'sches resp.
ani'sches Ocular.

§ 7. Bevor wir weitergehen, müssen wir zwei störende Erscheinungen be-
ren, welche bewirken, dass die durch die gewöhnlichen Glaslinsen ent-
nen oder gesehenen Bilder der Gegenstände nicht ganz correct sind,
ern von der wahren Gestalt des Gegenstandes abweichen.
lie eine Abweichung von der wahren Gestalt des Gegenstandes eine
der Kugelgestalt der verwendeten Linsen ist[1]), so nennt man diese erstere Ab-

[1]) Es gelang bisher noch nicht, parabolische Linsen zu schleifen.

weichung die sphärische Aberration. Die andere Aberration, die chromatische, heisst desshalb so, weil sie auf der Farbenzerstreuung des zusammengesetzten weissen Lichtes beruht.

§ 8. Die sphärische Aberration zeigt sich bei einer einfachen Linse darin, dass die Strahlen sich nicht, wie man aus dem Worte „Brennpunkt" anzunehmen Ursache hätte, in einem Punkte vereinigen, sondern in einer gewissen Fläche (Brennfläche, kaustische Fläche, weshalb auch ein mathematischer Brennpunkt bei sphärischen Linsen eine Fiction ist.

Fig. 7 wird dies erläutern. Denken wir uns vorläufig die Blende *Bl* weg und es sei *A B* die sphärische Linse, auf welche die Strahlen *a, b, c, d* treffen, *x y* sei die optische Axe der Linse, so ist nun einleuchtend, dass die Randstrahlen *a* und *b*, mit der sphärischen Oberfläche der Linse Winkel bilden, die mehr vom rechten Winkel abweichen, als die Strahlen *c* und *d*, welche in der Nähe der optischen Axe *x y* durch die Linse hindurchgehen. Nennen wir die Strahlen *a* und *b* Randstrahlen und die Strahlen *c* und *d* Centralstrahlen, so ergibt sich, dass die Randstrahlen eine kürzere Brennweite haben, als die Centralstrahlen. Schon in unserer Zeichnung

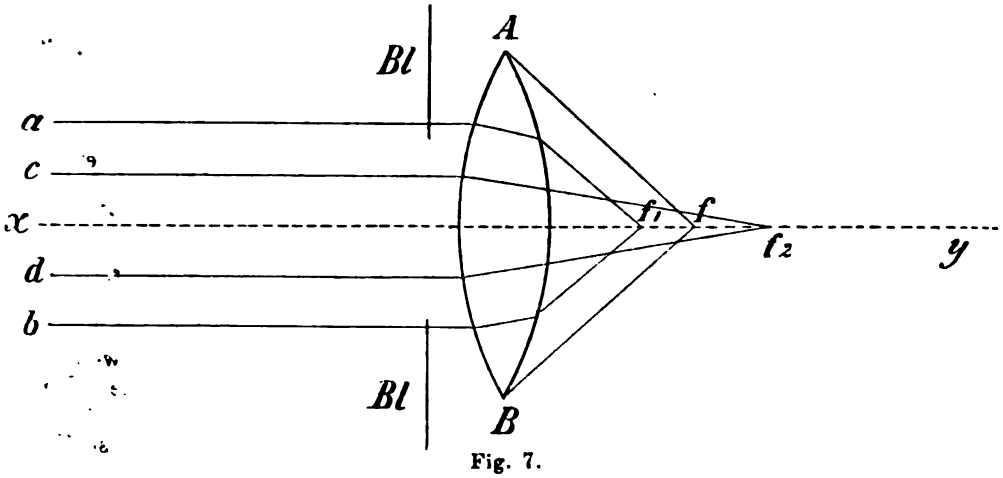


Fig. 7.

sehen wir mehrere Brennpunkte entstehen, nämlich einen für die Randstrahlen f_1 und einen für die Centralstrahlen f_2. Es entsteht also anstatt des theoretischen (mathematischen) Brennpunktes *f* eine Brennlinie, gebildet von den Brennpunkten der Strahlen, welche auf verschiedene Theile der sphärischen Linse auftreffen; da aber in unserer Fig. 7 blos die Strahlen einer einzigen Ebene in Betracht gezogen wurden, bei einer runden Linse aber unendlich viele solche Ebenen durch den Strahlenkegel gelegt gedacht werden können, so wird durch die sphärische Form der Linsenhälften nicht eine Brennlinie, sondern eine Brennfläche (vgl. in diesem Paragraph oben), ja ein Brennraum entstehen.

Eine Folge des Entstehens eines Brennraumes ist, dass die von einem Gegenstande, etwa einem Floh, einer Mücke etc., welche wir durch eine gewöhnliche convexe Linse betrachten — ausgehenden Strahlen sich nicht zu einem einzigen Bilde wieder vereinigen, sondern dass sich eine ganze Reihe von unendlich vielen, dicht hintereinander liegenden Bildern ergibt, welche allerdings auf das Auge den Eindruck eines einzigen Bildes, jedoch eines solchen mit verschwommenen Umrissen hervorbringen, was sehr störend wirkt. Lassen wir von derselben Convexlinse, anstatt sie als Lupe zu gebrauchen, ein reelles Bild eines stark beleuchteten kleinen Gegenstandes entwerfen, wie dies ja im zusammengesetzten Mikroskope geschieht und fangen es auf einem Stückchen dünnen Papieres auf, so werden wir auch hier bald sehen,

.rfe, verschwommene Umrisse hat, weil in Folge der sph.
ne Menge einander zum Theil deckender und verwirren

nicht nur eine Verschwommenheit der Bilder, seien
wie sie sich durch directes Betrachten eines Geg
Linse ergeben oder reelle, wie solche durch Entwerf
auf einem Schirme) entstehen, hat die sphärische G
olge, sondern auch direct wahrnehmbare Verzerrung
der betrachteten oder durch Projection zur Anschau
er Objecte.
.nter einem Mikroskope, welches derart eingerichtet ist,
ematisch abgebildete, ein etwa in Glas eingeritztes Netz
Fig. 8) betrachten, so würde es sich so darstellen,
dass scheinbar das Gesichtsfeld uneben, nach der Mitte

un von dem in Fig. 6 schematisch abgebildeten Mikrosk
gnehmen und an deren Stelle das Auge bringen, oder in ein
s von der Objectivlinse *l* entworfene Bild des Netzes
Papier etc., welchen man über die Tubusöffnung hält, wahr
tz) hell beleuchtet wird, betrachten, so würde man das B
neinen sehen, wie Fig. 9 es darstellt, also nach oben gew

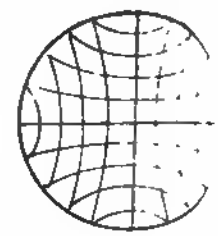


Fig. 9. Fig. 10

gegen das in Fig. 8 abgebildete Netz paralleler Linien mit
L gleichwie durch eine Lupe betrachten, so würde
scheinen, wie in Fig. 10.
ungen erklären sich daraus, dass die Objectivlinse in Fo
estalt derselben bei Entwerfung eines Bildes die am Ra
nkegel in Strahlenbüschel umwandelt, welche sich n
onvergenzfehler) und die Randpartien des verkehrt entw
er stark vergrössert erscheinen, als die Mittelpartien,
nse bei directer Betrachtung des Netzes ein virtuell
selben entwirft, welches gerade die entgegengesetzten Feh
e Vergrösserung der Randpartien als der Mittelpartien.
uler entgegengesetzt sind, würden sie sich aufheben, wen
L im Verhältnis zum Objective eine bedeutendere Grö
ssen Einfluss überwiegt und somit durch das in Fig
kop das Bild des Netzes in Fig. 8 so erscheint, w
anz entgegengesetzt dieser scheinbaren Wölbung
mmung des Gesichtsfeldes; diese zeigt sich darin, das
rch das Mikroskop in Fig. 6 ein ganz ebenes Object, z. B
Gläsern flachgedrückten Mückenflügel betrachten würd
ng der an den Rand des Gesichtsfeldes fallenden Partie
ous senken müsste, worauf dann hingegen die Mittelpartie
würden. Diese wirkliche Krümmung des Gesichtsfeld
heiden von der vorgedachten scheinbaren Wölbung Dies

wirkliche Krümmung tritt auch bei den besten Mikroskopen hervor und sogar bei den sogenannten Apochromaten, welche wir später als Triumph der modernen mikroskopischen Technik kennen lernen werden, ist sie auffallend bemerkbar[1]), da auch hier die von verschiedenen Punkten einer horizontal stehenden ebenen Fläche gelieferten Bilder nicht in einer Ebene liegen.

Die chromatische Aberration.

Würde man durch das Mikroskop in Fig. 6. ein Präparat, etwa wie oben erwähnt, einen Mückenflügel, betrachten, so würden alle Contouren störende Farbensäume zeigen.

§ 10. Diese Erscheinung nennt man chromatische Aberration. Bekanntlich besteht das weisse Licht aus den sieben Regenbogenfarben und deren unzähligen Uebergängen. Es sind das die sogenannten Spectralfarben. Diese haben aber eine verschiedene Brechbarkeit. Die violetten Strahlen werden stärker gebrochen als die rothen. (Siehe Fig. 11.)

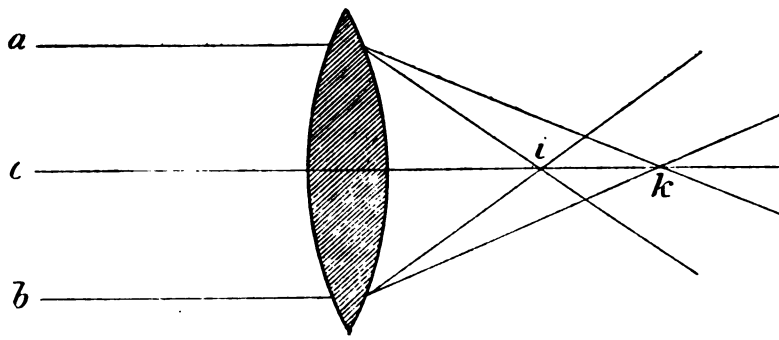


Fig. 11.
Chromatische Aberration.

Die violetten Strahlen werden in *i*, die rothen Strahlen in *k* vereinigt, sie haben also verschiedene Brennpunkte und separiren sich. Diese Separation der verschiedenfarbigen Strahlen nennt man Dispersion. Sie ist sehr verschieden, je nach dem brechenden Medium, doch besteht zwischen Brechung und Farbenzerstreuung (Dispersion) keineswegs Proportionalität. Während z B. die Dispersion des sogenannten Flintglases eine doppelt so grosse ist, wie bei sogen. Crownglase, ist die Grösse des Brechungvermögens dieser beiden chemisch verschiedenen Gläser eine weniger von einander verschiedene.

Die zwischen violetten und rothen Strahlen liegenden sogen. mittleren Farben haben weniger grelle Unterschiede in der Brechbarkeit, obwohl noch immer merkliche. Man nennt sie in ihrer Gesammtheit das „secundäre Spectrum".

§ 11. Diese beiden besprochenen Abweichungen beeinträchtigen nun das Bild des Gesehenen in sehr complicirter Weise, in ungemein complicirterer Weise wenigstens, als wir es hier auch nur anzudeuten vermochten.

Prof. E. Abbe in Jena hat diese Abweichungen gründlich untersucht und hat sie in 2 Haupt-Classen getheilt:

I. Fehler der Focalwirkung (Abweichungen im engeren Sinne) und
II. Fehler der Flächenausbreitung oder Vergrösserung.

---

[1]) Das Mikroskop von Dr. A. Zimmermann. Leipzig und Wien. Verlag v. Franz Deuticke 1895. S. 61.

Die Fehler I. Classe sind:

1. Die sphärische Abweichung.
2. Die chromatische Abweichung.
3. Die chromatische Differenz der sphärischen Abweichung.

Die Fehler der II. Classe sind:

1. Echte Vergrösserungsfehler.

a) Unterschiede der Vergrösserung in den verschiedenen Zonen der Linse oder des Linsensystems; verschiedene Grösse der Bilder, welche von demselben Flächenelement der Objectebene durch Strahlenbüschel von verschiedener Neigung zur Achse entworfen werden, sogen. „Convergenzfehler".

b) Die chromatische Differenz der Vergrösserung (verschiedene Brennweite für verschiedene Farben).

2. Sphärische Abweichung ausser der Achse. (Die von demselben Flächenelement durch Strahlenbündel von verschiedener Neigung zur Achse entworfenen Bilder liegen hinter- und nebeneinander.)

3. Wirkliche Wölbung. (Krümmung des Sehfeldes, vide oben §. 8, am Ende.)

4. Verzerrung des Bildes. (Vide unseren § 8 und insbesondere die Figuren 9 und 10.)

5. Astigmatische Differenz der Vereinigungsweite. (Auf centrische Strahlenbüschel übt die Krümmung der Linsenfläche in zu einander senkrecht stehenden Meridianen ungleiche Wirkung aus. Die dadurch bedingten Fehler vermischen sich in der Praxis völlig mit den übrigen Anomalien.[1])

Alle diese Fehler würde das schematisch in unserer Figur 6 dargestellte Mikroskop in höchstem Maasse aufweisen. Die meisten dieser Fehler wurden in den neuesten und besten Instrumenten sehr verbessert, wenn auch nicht aufgehoben.

§ 12. In § 5 dieses Werkchens haben wir uns unterbrochen, als wir vom gebräuchlichsten Ocular, dem Huyghen'schen oder Campani'schen sprachen und behandelten inzwischen die sogenannten Aberrationen, weil zum Verständnisse der Wirkungsweise der besprochenen und auch aller anderen Linsencombinationen (Ocular- und Collectivglas und dergl.) die Kenntniss der Abbildungsfehler der Linsen erforderlich ist.

Wir fahren nun weiter fort und recapituliren, dass durch das in Fig. 6 schematisch abgebildete Mikroskop alle Gegenstände wohl vergrössert, jedoch verzerrt (scheinbar gekrümmt), mit breiten Farbensäumen umgeben erscheinen und auch nur zu verhältnissmässig sehr kleinem Theile überblickt werden würden.

Zur theilweisen Beseitigung dieser Uebelstände ist dem Ocular eine zweite Linse, Collectivlinse oder Collectiv genannt, in einer solchen Entfernung von der Ocularlinse angefügt, dass das Bild des Objectes zwischen dem Ocular und dieser anderen Linse entsteht. Das Collectiv bietet nun folgende Vortheile. Zunächst bricht es die von dem Objecte her gelangenden Strahlen nach der Achse zu, und das Bild des Objects, welches ohne Collectiv (Fig. 12) in $c' a' b'$ entworfen werden würde und zu ausgedehnt wäre, um durch das Ocularglas o übersehen zu werden, erscheint nun in $c'' a'' b''$. Das Object liegt daher in dem Sehfelde, es wird ganz gesehen, und nicht nur ein Theil desselben, wie bei Abwesenheit des Collectivs. Ferner vermehrt das Collectiv die Helligkeit des Bildes, denn die Strahlen von der Ausdehnung $c' a' b'$ erleuchten jetzt den kleinen Raum $c'' a'' b''$. Endlich sollte das Collectiv ein ebenes Sehfeld bewirken, indem sich das Bild $c'' a'' b''$ angeblich in entgegengesetzter Krümmung von dem Bilde $c' a' b'$ zeigt, und die Krümmungen des Oculars und des Collectivs damit in ein gewisses Verhältniss gesetzt werden können.

[1]) *Dippel*, Grundzüge S. 67 u. ff. Dr. Petri, Das Mikroskop, Berlin 1896 bei Richard Schoetz, S. 207 u. ff.

Diese letztere Deduction ist aber, wie Dippel nachwies, ganz falsch, da das Collectiv die wirkliche Krümmung des Bildes (§ 9 d. B.) im selben Sinne mitmacht, nicht aber, wie dies in Fig. 12 gezeichnet ist, in entgegengesetzter Weise.

Die diesbezügliche Abbildung des classischen Harting ist unrichtig, wenn sie auch von vielen nachgezeichnet wurde.

Richtig dagegen ist, dass die sphärische Aberration durch die Combination des Ocularglases mit dem Collective verbessert und so die Verzerrung, also die scheinbare Krümmung (Fig 10) aufgehoben werden kann, was eine scheinbare Ebnung des Gesichtsfeldes herbeiführt. Dies ist gut zu wissen, um nicht unmögliche Anforderungen an ein Mikroskop zu stellen.

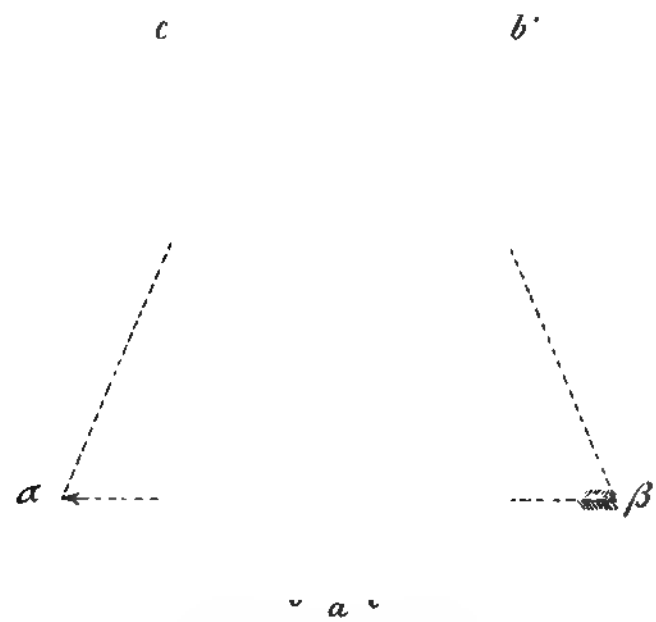


Fig. 12. Wirkung der Collectivlinse.

Weiters heben wir hervor, dass auch die chromatische Aberration durch das Zusammenwirken der Collectivlinse *c* mit der Ocularlinse *o* verbessert werden kann und in der Praxis auch corrigirt wird. Da die Collectivlinse *c* n[illegible] nicht achromatisch ist und das Bild, welches dann durch das Oc[illegible] betrachtet wird, hinter ihr entworfen wird, so entsteht durch die Ze[illegible] weissen Strahles in die prismatischen Farben eine ganze Reihe v[illegible] das rothe Bild, als das von den am wenigsten brechbaren Strahle[illegible] wird am weitesten hinter *c*, jenes der violetten, also am meisten [illegible] Strahlen, am nächsten bei *c* liegen. Der Beschauer sieht nun di[illegible] innerhalb der Ocularbrennweite in derselben Richtung und sie deck[illegible]

Diese Hauptstrahlen können nun die Linse *o* parallel verlassen, [illegible] rothe Strahl trifft einen näher zum Rande gelegenen Theil [illegible] also (vgl. § 8) auf eine stärker brechende Linsen[illegible] barere violette Strahl, so dass die geringere Brechbark[illegible]

durch die Lage der ihm zugehörigen Linsenstelle einigermassen compensirt wird. Man sieht also, dass das aus Ocular *o* und Collectiv *c* bestehende Huyghen'sche oder Campani'sche Ocular schon an und für sich die chromatische Aberration des Objectives verbessert. Neuester Zeit werden für die besten Objective eigens zugehörige Compensationsoculare hergestellt, welche zum Theile complicirter gebaut sind und auf welche wir hier noch nicht eingehen können; diese haben den Zweck, den noch auch bei den sogen. Apochromaten verbleibenden Rest von Farbenabweichung zu beheben.

§ 13. Die hauptsächlichsten Fehler, welche die chromatische und auch die sphärische Abweichung hervorbringen, müssen jedoch schon bei Anfertigung des Objectives beseitigt werden. Man verwendet deshalb zu Mikroskopen als Objectiv selten eine einzelne Linse, etwa wie Fig 6 und Fig. 12 solche darstellen (Fig. 6 *l* und Fig. 12 *ob*), sondern Linsencombinationen, um die Abweichungen zu verbessern und wendet überdies noch zu demselben Zwecke verschiedene andere Kunstgriffe an.

Linsencombinationen, welche der Anforderung entsprechen, ein möglichst

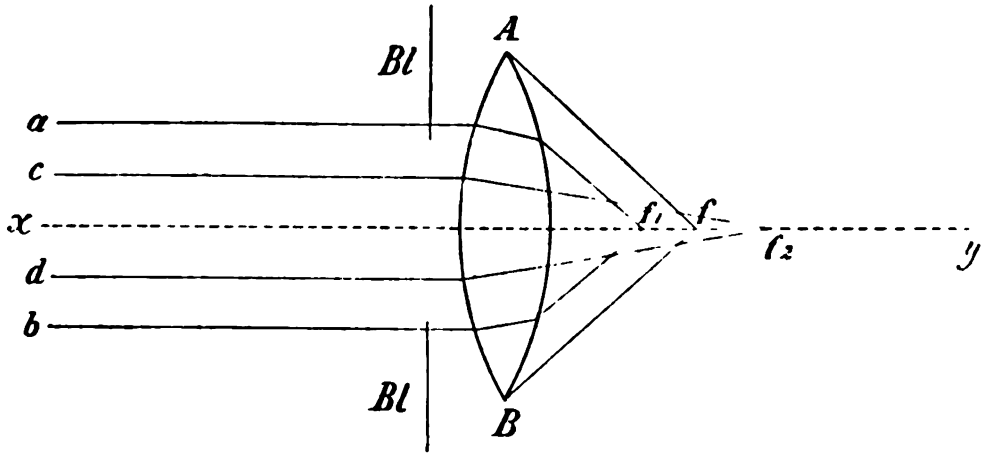


Fig. 13.

von allen Abweichungen freies Bild zu geben, nennt man seit langer Zeit aplanatische und die Lehre von den Kunstgriffen, wie dies zu erreichen, „Aplanasie".

Die „Aplanasie" wurde seit mehr als 100 Jahren practisch geübt und theoretisch[2]) begründet und zunächst zur Verbesserung des einfachen Mikroskopes (vergl. Einl.) benützt; das einfache Mikroskop bedurfte, um aplanatisch zu sein, nicht unbedingt der achromatischen Glascombinationen, welche man erst viel später kennen lernte. Die an dem einfachen Mikroskope erzielten Fortschritte kamen dann allen optischen Instrumenten und somit auch später dem zusammengesetzten Mikroskope zu gute; aber auch das einfache Mikroskop erlangte erst in diesem Jahrhunderte durch zielbewusste Verbesserung der Mängel der Linsen seine Vollendung.

Wir wollen nun die Bedingungen untersuchen, unter welchen sich die Abweichungen der Linsen verbessern lassen, denn diese Bedingungen zu kennen, ist auch für den Practiker nicht unnütz.

§ 14. Betrachten wir zunächst nochmals Fig. 7, welche hier als Fig 13 abermals in den Text eingedruckt wurde. Wir sehen nach dem im § 8 Gesagten ein, dass es die Randstrahlen sind, welche eine kürzere Brennweite

[1]) Die Entfernung des Ocularmittelpunktes [illegible] der halben Summe ihrer Brennweite entspre[illegible]
[2]) So von Euler 1764 in den Memoiren der Berliner Akademie Bd. XX, S. 105.

haben, als die Centralstrahlen. Diese Differenz zwischen den Brennweiten der verschieden situirten Strahlen ist also ein Hauptgrund der Undeutlichkeit des von einer solchen Linse entworfenen Bildes oder durch dieselbe betrachteten Gegenstandes. Schneiden wir nun durch Einschaltung der Blende *Bl* den grössten Theil der Randstrahlen ab, so wird natürlich die Deutlichkeit eine grössere werden, weil eben dann die Wirkung der Centralstrahlen überwiegt.

Wir haben durch den Kunstgriff, die Oeffnung der Linse durch eine Blende (Diaphragma) zu verkleinern, eine Verbesserung der sphärischen Aberration zu Wege gebracht. Dieser Kunstgriff wird auch heute noch bei allen optischen Instrumenten angewendet, aber mit Maass, denn durch Abschneiden der Randstrahlen geht Licht und damit indirect auch wieder Deutlichkeit der Wahrnehmung verloren, so dass wir durch Verminderung der Oeffnung allein keine für optische Apparate erspriessliche Wirkung erzielen könnten. Wäre *f* der mathematische Brennpunkt der Linse *AB*, so würde der Winkel *AfB* das Maass der grössten Oeffnung, durch welche bei der gegebenen Linse Licht hindurch treten könnte — angeben. Wir sehen ein, dass dieser geometrische oder mathematische Oeffnungswinkel eigentlich nicht existirt, da eine sphärische Linse keinen mathematischen Brennpunkt hat (vgl. § 8); in der Praxis bezeichnet man daher als Oeffnungswinkel jenen Winkel, welchen die den von einem Punkte des zu betrachtenden Objectes ausgehenden Strahlenkegel begrenzenden Strahlen mit einander bilden. Dieser gibt dann das wahre Maass der Oeffnung einer Linse. Die Blendung reducirt nun diesen Oeffnungswinkel und es erübrigt ein restlicher kleinerer Oeffnungswinkel, welchen wir wirksame oder nutzbare Oeffnung nennen wollen. Ueber die Bedeutung des wahren Oeffnungswinkels resp. einer Function desselben werden wir im Folgenden noch oft zu sprechen haben; hier sei nur nochmals betont, dass der Gewinn an Deutlichkeit, den eine erhebliche Verringerung der Oeffnung bewirkt — alsbald aufgewogen wird durch die Lichtverluste und dass, wie wir später sehen werden, gerade die durch die Blendung abgeschnittenen Randstrahlen an dem Zustandekommen eines hellen und der Wahrheit möglichst nahekommenden Bildes des gesehenen Objectes den grössten Antheil haben.

Fig. 14. „Linse von der besten Form".

§ 15. Man hat deshalb auch auf andere Weise versucht, die Abweichungen zu verbessern, und zwar zunächst durch die Form, welche man den Vergrösserungsgläsern gab. Man fand mehr durch Erfahrung als durch theoretische Berechnung, dass eine planconvexe Linse unter sonst gleichen Umständen eine geringere Verzerrung gab, als eine biconvexe mit symmetrischen Convexitäten auf beiden Seiten. Durch Versuche mit den Krystalllinsen aus Thier- und Menschenaugen und Schleifversuche kam man auf biconvexe Linsen von ungleich grossen Convexitäten und berechnete schliesslich eine sogen. Linse „von der besten Form", bei welcher für eine Glassorte vom Brechungsexponenten 1·53 der Halbmesser der Kugel, deren Abschnitt die Vorderfläche der Linse darstellt, zu jenem der Hinterfläche sich verhält wie 100 zu 733.

Fig. 14 stellt eine solche Linse „von der besten Form" im Durchschnitte schematisch dar; man sieht, dass sie sich einer planconvexen sehr nähert. Wirklich ist die sphärische Aberration einer planconvexen Linse blos 1·081 mal grösser als jene einer Linse von der besten Form.

Aber auch die Linse von der besten Form hat eine bedeutende sphärische Abweichung, abgesehen von der färbigen, wenn sie stark vergrössern soll, weil dann die Krümmung eine sehr grosse sein muss, denn es muss dann die Brennweite sehr kurz gemacht werden. Es lehrt dies folgende Betrachtung: Die Vergrösserung *v* einer einfachen Linse ist nämlich (die Ableitung erlassen

wir uns) $=\frac{d}{p}+1$ wobei d die deutliche Sehweite (siehe Einl.) und p die Brennweite ist, v ist aber desto grösser, je kleiner p ist, wenn sich d gleich bleibt, was also nichts anderes heisst, als dass die Brennweite klein sein muss, wenn die Vergrösserung gross sein soll. Bezeichnen wir den Brechungsexponenten n und den Halbmesser (Radius) der grösseren Erhabenheit mit R und jenen der kleineren mit r, so wurde die Formel für das Verhältniss der Brennweite zum Radius berechnet wie folgt: $\frac{1}{p}=(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{r}\right)$.

§ 16. Aus dieser Formel ergibt sich, dass p desto kleiner wird, je kleiner R und r werden. Da aber v desto grösser wird, je kleiner p wird, so wird v auch desto grösser, je kleiner R und r werden.

Je kleiner aber R und r, desto stärker gekrümmt wird die Linse sein und desto stärker auch die sphärische Abweichungen werden müssen, abgesehen davon, dass sich so kleine, stark gekrümmte Linsen technisch sehr schwierig herstellen lassen. Man hat deshalb zunächst anstatt Glas stärker brechende Medien, wie z. B. Saphir und Diamant zu Linsen zu verwenden versucht, weil da, wie wir oben gesehen haben, auch n (Brechungsindex) eine Rolle spielt und p bei gleichgrossem R und r desto kleiner wird, je grösser n wird, man aus diesen stärker als Glas brechenden Substanzen Vergrösserungsgläser von stärkerer Vergrösserung herzustellen im Stande ist, ohne die Krümmung so stark machen zu müssen, wie bei Glas. Sei der Brechungsindex des Glases 1·53, so ist jener des Saphirs 1·79 und des Diamanten gar 2·487. Daraus lässt sich nach den Formeln: $v=\frac{d}{p}+1$ und $\frac{1}{p}=(n-1)\left(\frac{1}{R}\times\frac{1}{r}\right)$ berechnen, dass Linsen von gleicher Krümmung und Brennweite aus Glas, Saphir und Diamant Vergrösserungen aufweisen werden, welche sich verhalten wie 110 : 156 : 297. Der hohe Preis solcher Edelsteinlinsen liess jedoch eine ausgedehntere Verwendung nicht zu und man versuchte es nun, durch Combination mehrerer schwächer gekrümmter Linsen zu einem Linsensysteme die Brennweite dieses Systems zu verkürzen und dadurch auch stärkere Vergrösserungen hervorzubringen, ohne an Lichtstärke zuviel einzubüssen.

§ 17. Bei den zusammengesetzten Mikroskopen wendeten schon Conradi, Divini, Sturm, u. a.[1]) die Combination mehrerer Linsen zu einem Systeme im 18. Jahrhunderte an. Dadurch war man nicht nur in die Lage versetzt, grössere Linsen mit längeren Brennweiten und an sich geringerer Aberration auch zu stärkeren Vergrösserungen zu benützen, sondern man konnte durch Ausprobiren, sowie auch durch theoretische Berechnung darauf kommen, mehrere Linsen derart in Bezug auf Gestalt und Radius zu wählen und zu einem Systeme zu vereinigen, dass dadurch wenigstens die sphärische Aberration wesentlich verbessert wurde. Uebrigens ist der Kunstgriff, zwischen Ocularlinse und Objectiv des zusammengesetzten Mikroskopes die Collectivlinse einzuschalten, also zwei Linsen zu einem Oculare zu combiniren, und damit die im § 12 besprochenen optischen Vortheile zu erzielen, älter, als die Combination von mehreren Linsen zu Objectiven. Der Coburger Schlossprediger Conradi hatte schon 1710 Objective aus zwei convexen Linsen zusammengesetzt, um grössere Correction der Aberration und eine grössere Helligkeit zu erzielen. Die letztere ergab sich daher, dass die mehreren grösseren Linsen — zu einem Systeme vereint — mehr Licht hindurchliessen, als eine ebenso stark vergrössernde kleine Linse von starker Krümmung, da letztere eine geringere Oeffnung hatte und überdies wegen ihrer stärkeren sphärischen Aberration mittelst kleinerer Blende abgeblendet werden musste.

[1]) Vgl. Dr. R. J. Petri, „Das Mikroskop". Berlin 1896. S. 70 u. ff.

Durch diese Versuche und Erfahrungenk am man zu dem Ergebniss, dass nachstehende Bedingungen eingehalten werden müssen, um durch Combination mehrerer Linsen zu einem Systeme gute Resultate zu erzielen:

1. Die Mittelpunkte der Linsen müssen zusammenfallen; die Linsen müssen also gut „centrirt", d. h. in der Achse des Rohres, in welchem sie gefasst sind, derart gelagert sein, dass die optischen Achsen der Linsen (siehe Einl.) mit der vorgenannten Achse des Rohres zusammenfallen, dass also diese Rohrachse die optische Achse des Instrumentes darstellt.

2. Die Linsen sollen nicht biconvex, sondern planconvex sein, und zwar sollen die Convexitäten entweder alle nach innen (vom zu betrachtenden Objecte abgekehrt) oder einige nach innen und eine nach aussen gerichtet sein; alle nach aussen zu richten ist unvortheilhaft[1]).

3. Man combinirt zweckmässigerweise auch Linsen verschiedener Brennweiten miteinander (schwächere und stärkere), wobei die schwächere in der Regel dem Auge zugekehrt wird, die stärkste dem zu betrachtenden Gegenstande.

§ 18. Aber auch mit den betrachteten Mitteln konnte, da die chromatische Aberration verblieb — bei dem zusammengesetzten Mikroskope ein Erfolg nicht erzielt werden, da hier ein reelles, von Farbensäumen undeutlich gemachtes Bild vorlag. Nur beim einfachen Mikroskope, woselbst die Farbenzerstreuung im virtuellen Bilde nicht störend hervortritt, war mit der Combination von Linsen behufs Erlangung grösserer Lichtstärke und Aplanasie bei stärkerem Vergrösserungsvermögen ein namhafter Fortschritt auch vor der Herstellung achromatischer Objective zu erzielen, er wurde aber doch nicht eher ausgenützt, als bis das achromatische zusammengesetzte Mikroskop mit dem bisher wegen seiner Farbenfreiheit von den Gelehrten bevorzugten „Simplex"[2]) in ernste Concurrenz trat. So kam es, dass Wollaston erst 1829, nachdem Selligue schon 1824 ein brauchbares achromatisches „Compositum"[3]) ja vor ihm schon 1807 van Deyl und 1791 der Cavallerieoberst François Beelsnyder ziemlich brauchbare achromatische Objective für das zusammengesetzte Mikroskop verfertigt hatten, ein wirklich brauchbares aplanatisches (jedoch nicht achromatisches) Doublet, d. h. eine Doppellupe aus zwei mit ihren ebenen Flächen dem Object zugekehrten planconvexen Linsen fertig brachte und zwar durch Probiren, nicht auf Grund theoretischer Berechnung. Wollaston war es nebenbei bemerkt auch, welcher zwei planconvexe Linsen mit ihren planen Flächen aufeinander legte und die Randstrahlen durch einen dazwischen gelegten metallenen Rand abschnitt (vgl. § 8). Solche Linsen nannte er „periskopische".

§ 19. Da bei dem Uebergange des Lichtes aus Luft in Glas oder überhaupt bei dem Eintritte von Licht aus einem Medium in ein verschieden brechendes anderes durch Reflexion Lichtverluste entstehen und sich auch andere Nachtheile, die wir weiter unten an anderer Stelle zu besprechen haben werden[4]), ergeben, so füllte Brewster (1837) den Zwischenraum zwischen den periskopischen Linsen Wollaston's mit Canadabalsam aus, einem terpentinartigen Stoffe, welchem wir noch öfter in der mikroskopischen Technik begegnen werden, und welcher nahezu dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzt wie Glas. Wollaston, Brewster, Stanhope und Coddington nahmen dann gar ein einziges Stück Glas und schliffen daran Convexitäten in der Weise, dass das Stück Glas ein Linsensystem aus 2 Linsen darstellte, wobei zwischen den Linsen anstatt Luft — Glas war. Die Randstrahlen blendeten sie durch Einschleifen von Höhlungen und Rinnen in das Glas ab. Diese sogen. Vogelaugenlinsen waren also (mit Ausnahme von *d* in Fig. 15), eigentlich Linsensysteme bestehend aus 2 Linsen in bestimmter Entfernung, um die beste

[1]) Dr. J. Petri. a. a. O.
[2]) Einfaches Mikroskop.
[3]) Zusammengesetztes Mikroskop.
[4]) Vgl. weiter unten § 22.

Wirkung zu erzielen und nicht einfache Linsen. Fig. 15 zeigt uns in *a* die Brewster'sche, in *b* die Coddington'sche Lupe. Die Rinne *r* ersetzt hier eine Abblendung; *c* zeigt die Stanhope'sche Cylinderlupe, *d* eine kleine planconvexe Cylinderlupe, wie sie zur Vergrösserung kleiner Photographien in Uhrschlüsseln, Federstielen etc. in Anwendung kommt.

§ 20. Der Hauptfortschritt in der Optik war inzwischen schon gemacht, die achromatischen Linsencombinationen waren erfunden und damit das wichtigste Mittel, die Aplanasie in vollkommenster Weise zu erreichen, den Optikern an die Hand gegeben worden, und wenn auch das einfache Mikroskop wegen der damaligen hohen Herstellungskosten der zusammengesetzten Mikroskope dominirte und sich die Gelehrten bis in die Mitte unseres Jahrhunderts desselben noch sehr viel zu Forschungen subtilster Art bedienten, begann nun das Mikroskop schlechthin, das „Compositum" eine immer grössere Bedeutung zu erlangen und schon das 1846 in Tübingen erschienene Werk Hugo von Mohl's „Mikrographie oder Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauche des Mikroskops" lässt den Sieg des Compositums über das nunmehr blos als Präparirinstrument verwendete Simplex, auf welches wir in dieser Eigenschaft weiter unten noch zu sprechen kommen werden, ahnen. Die Achromasie war zu Hugo v. Mohl's Zeiten bereits in allgemeiner Anwendung und machte seither fast alljährlich Fortschritte.

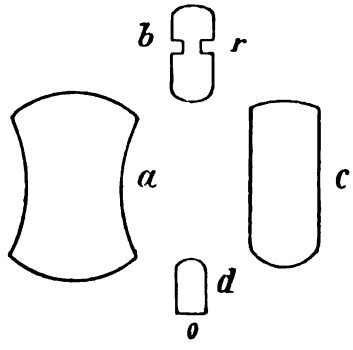


Fig. 15.

Worauf beruht nun diese Achromasie, welche in der Regel auch zu einer nahmhaften Verbesserung der sphärischen Aberration führt, also der Aplanasie im vollsten Sinne des Wortes nahekommt? Sie beruht darauf, dass man Gläser herstellen kann, welche in verschieden starkem Grade das Licht brechen und die Farben des weissen Lichtes zerstreuen. Zur Zeit der Herstellung der ersten tauglichen achromatischen Linsen kannte man bereits im Handel zweierlei Gläser, welche sich zu diesem Zwecke eigneten, nämlich das sogenannte „Crownglas" und das „Flintglas". Schon 1757 verfertigte Dollond mit Zuhilfenahme der vorgenannten Glassorten einige Objective für Fernröhre, welche sich gegenüber den bisher gebräuchlichen durch klare und scharfe Bilder vortheilhaft auszeichneten.

Der holländische Reiteroberst Beelsnyder*) erzeugte wie oben erwähnt, im Jahre 1791 die erste brauchbare achromatische Objectivlinse für Mikroskope. Ihm folgten bald van Deyl, Frauenhofer, Amici, Chevalier, Oberhäuser, unser Plössl, der Berliner Optiker Schieck, sowie insbesondere Oberhäuser's Nachfolger Hartnack.

Die einzelne achromatische Objectivlinse zeigt uns Fig. 16. Man sieht, dass diese achromatische Linse aus 2 Linsen besteht, nämlich einer Convexlinse *x* aus Crownglas und einer Concavlinse *z* aus Flintglas. Diese beiden Linsen pflegt man mit einem durchsichtigen Medium, meist einem terpentinartigen Harze (Canadabalsam) zu einer Doppellinse zusammenzukitten. Nicht alle achromatischen Linsen sind derart zusammengesetzt; schon die erste achromatische Linse, welche sich für das Mikroskop brauchbar erwiesen hat, nämlich jene Beelsnyders, bestand aus zwei Biconvexlinsen aus Crownglas von 22 und 19 *mm* Brennweite, welche eine Biconcavlinse aus Flintglas zwischen sich schlossen.

*) Vor ihm (1784) hatte der russische Staatsrath Aepinus einen nicht ganz gelungenen Versuch gemacht romatisches Mikroskop herzustellen. Vgl. Petri S. 164.

Auch neuerer Zeit fertigten modernere Optiker Linsen aus drei Theilen an, so z. B. Steinheil, welcher einen Aplanat für Lupenzwecke aus drei Theilen herstellte; Fig. 17 zeigt das Schema einer solchen 3theiligen „aplanatischen“ Linse nach Steinheil. *a* und *b* (die äusseren Theile) sind concavconvexe Linsen aus Flintglas, die innere Linse *c*, (eine biconvexe) ist aus Crownglas gefertigt.

Solche aplanatische Linsen sind natürlich auch gut achromatisch, aber ganz farbenfreie Bilder geben sie auch nicht, denn es werden blos zwei Farben des Spectrums vereinigt und es bleibt somit noch das sogenannte „secundäre Spectrum“ übrig. (Vgl. § 10.)

§ 21. Man hat nun neuester Zeit Linsen construirt, welche nicht blos 2, sondern 3 Farben vereinigen, so dass das secundäre Spectrum fast völlig zum Verschwinden gebracht wird. Diese Linsen nennt man zum Unterschiede von den achromatischen apochromatische.

Ihre Herstellung wurde nur dadurch möglich, dass man nicht blos Flint- und Crownglas, sondern auch andere brechende Medien zu Hilfe nahm.

Seit 1879 war des berühmten Abbe Bestreben darauf gerichtet, mit Hilfe von eigens combinirten, in einer staatlich unterstützten Glasschmelzerei von Schott & Genossen in Jena angefertigten Glasflüssen unter Mitwirkung des berühmten Optikers Zeiss in Jena, Linsen zu construiren, welche ganz farbenfreie Bilder geben. In § 10 haben wir erwähnt, dass die Dispersion des Flintglases eine doppelt so grosse ist, wie jene des Crownglases, während die Grösse des Brechungsvermögens (Brechungsexponent) eine wenig verschiedene ist. Dies ermöglichte die Construction der achromatischen Linsen. Um aber apochromatische Linsen zu construiren, mussten Substanzen gesucht werden, deren Dispersion eine möglichst verschiedene, deren Brechungsindex aber der gleiche, dabei aber die Farbenzerstreuung für die verschiedenen Farben eine möglichst proportionale sein sollte, damit nicht nur zwei Farben, sondern drei Farben in einem Punkte vereinigt werden.

Fig. 16.

Dr. O. Schott in Witten, ein tüchtiger Glastechniker, setzte sich 1881 mit Abbe in Verbindung und in dem glastechnischen Laboratorium wurden nun Glasflüsse erzeugt, welche mit Hilfe von Bor- und Phosphorzusätzen (Borat- und Phosphatgläser) obigen Bedingungen entsprechen. Carl Reichert in Wien benützt mit vielem Glücke Linsen-Combinationen aus Flussspath und Glas zu apochromatischen Zwecken und der Vorwurf, dass der Flussspath an der Oberfläche leicht verwittert und in Folge dessen die apochromatischen Linsen in warmer und feuchter Luft „anlaufen“ und an der Oberfläche die feine Politur einbüssen — trifft auch die Jenenser Borat- und Phoshatgläser. Für die Tropen sind demnach die Apochromaten weniger verwendbar, in Klima unserer Breiten aber halten sie bei trockener Aufbewahrung langjährige Benützung aus.

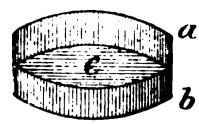


Fig. 17.

Immerhin ist diese, den gewöhnlichen achromatischen Gläsern gegenüber etwas beschränkte Haltbarkeit der apochromatischen Linsen im Zusammenhalte mit deren hohem Preise die Ursache, dass sich noch sehr viele Practiker und Gelehrte in der Regel blos achromatischer Linsensysteme bedienen.

§ 22. Wir wollen daher auch zunächst die Construction achromatischer Objective betrachten. Dieselben bestehen aus den erwähnten achromatischen Linsen, welche durch Eindrücken mit einem Polirstahl in Röhrchen von Messing oder Nickel „gefasst“ sind. „Gefasst“ ist ein technischer Ausdruck und man nennt deshalb die Metalltheile des Objectives, welche unmittelbar die Linsen enthalten, „Linsenfassungen“. Die Thätigkeit der Optiker ist nun eine dreifache: Erstens schleifen sie die Linsen nach einem be-

Oeffnungswinkel ist meist ein untergeordneter Factor bei solchen Linsen, die nur zur Uebersicht über ein Präparat zu dienen bestimmt sind.

Will man aber solche schwache Linsen zu embryologischen Beobachtungen benützen, dann kommt es sehr, namentlich beim Zeichnen und Photographiren von solchen Objecten, auf eine ebene, von der Formaberration möglichst freie Bildfläche an und es ist auch wünschenswerth, dass das Gesichtsfeld ein möglichst grosses sei, d. h. der überblickte Theil des Objectes einen grösstmöglichen Durchmesser habe. Um nun diese beiden Vortheile zu erreichen, macht man auch solche schwache Systeme zweigliedrig, d. h. man setzt sie aus zwei achromatischen Linsen zusammen. Bei der Besprechung der Apochromatobjective werden wir hören, dass Zeiss in Jena neuerdings ein eingliedriges ganz schwaches System verfertigt, dessen einziges Glied aber nicht aus einer achromatischen Linse, sondern aus einer dreitheiligen apochromatischen Linsencombination besteht.

Die mittelstarken Linsensysteme bestehen meist aus drei Gliedern, die stärksten Linsensysteme haben deren mitunter noch mehr; bei den Apochromaten werden wir davon hören.

Alle diese Glieder werden in Messing oder Nickel gefasst und mit einander ein für allemal verbunden. Oben, am offenen Theile, sind die Linsensysteme mit einem Schraubengewinde versehen, so dass sie damit an den Tubus angeschraubt werden können. Es ist nun leicht begreiflich, dass es wünschenswerth erscheint, jedes Linsensystem an jedem Tubus, beziehungsweise an jedem Stative verwenden zu können. Diesem lange nicht beachteten Wunsche ist zuerst dadurch theilweise entsprochen worden, dass man alle continentalen Systeme mit dem sogenannten Hartnack'schen Gewinde (nach dem berühmten Mikroskoperzeuger Hartnack so genannt) versah und den Stativen dieses Gewinde am Tubus einschnitt. Bei demselben ist die Schraubenmutter im System eingelassen, während am Tubus die Schraube angedreht erscheint.

Durch den Zuzug von englischen und amerikanischen Medicinern an die deutschen Kliniken kamen viele englische und amerikanische Instrumente in die deutschen Universitätsstädte und die dortigen Mechaniker — an der Spitze Zeiss in Jena — acceptirten das englisch-amerikanische Gewinde, die sogenannte „society-screw“[1]) als internationales Gewinde. Bei diesem ist die Mutter in den Tubus eingeschnitten und die Schraube am oberen Ende des Objectivsystemes eingedreht, auch ist die englische Verschraubung grösser und schwerfälliger, soll sich aber, was wir dahingestellt sein lassen wollen — leichter centrisch erhalten lassen — als das Hartnack'sche Gewinde. Nach dem Vorgesagten gibt es also jetzt zwei Normalgewinde von internationaler Bedeutung: das Hartnack'sche Gewinde, welches die französischen Firmen beibehalten und das englisch-amerikanische, an welchem die englischen und amerikanischen Firmen zähe festhalten. Die deutschen und österreichischen Firmen haben beide Gewinde acceptirt, indem sie auf Wunsch die Systeme mit einem Zwischenstück liefern, welches mit dem englisch-amerikanischen Gewinde versehen ist und am anderen Ende mittelst der Hartnack'schen Schraube mit dem Linsensysteme verschraubt ist; schraubt man das Zwischenstück ab, so bleibt das System mit der Hartnack'schen Schraube und kann daher direct an jedem mit Hartnack'schem Gewinde versehenen Stative benützt werden; mit dem Zwischenstück passt es auf englische und amerikanische Stative ebenfalls. Merker in Wien macht die theueren Objecte derart, dass an der Aussenseite des oberen, offenen Endes das englische Gewinde, an der Innenseite die Hartnack-Mutter eingeschnitten ist.

---

[1]) Auch standard-screw genannt.

Uebrigens haben die deutschen und österreichischen Firmen auch ihren Stativen eine wahrhaft internationale Vielseitigkeit dadurch gegeben, dass sie an ihrem Tubus, wie Fig. 18 zeigt, das Zwischenstück *z* anbringen.

Schraubt man an der Randerirung bei *r* das Zwischenstück ab, so passt in die Mutter, in welcher eben jenes Zwischenstück eingeschraubt war, jedes englisch-amerikanische System. Lässt man dagegen dieses Zwischenstück am Tubus, so lässt sich an dem Ende dieses Zwischenstückes, welches am Zapfen *h* das Hartnack'sche Gewinde eingeschnitten trägt — jedes mit dem letztgenannten Gewinde versehene System anbringen.

Fig. 18.

Aus den vorbeschriebenen Einrichtungen kann nun gefolgert werden, dass man heutzutage, falls man von einer renommirten Firma zu einem Stative Systeme, oder zu Systemen ein neues Stativ bezieht — in der Regel einer Anpassung nicht mehr bedarf. Doch gilt das insoferne — wie wir später sehen werden — nur cum grano salis, als die englisch-amerikanischen Systeme für die Tubuslänge von 10 englischen Zoll optisch berechnet sind, während die continentale Tubuslänge blos 180 *mm* zu betragen pflegt und dass umgekehrt unsere meist für diese Tubuslänge adjustirten continentalen Objectivsysteme — an dem langen englischen Tubus angebracht — keine tadellosen Bilder mehr geben.

§ 23. Wir haben nun das Allgemeine an den Objectivsystemen zum grössten Theile erledigt, müssen aber, bevor wir weiter gehen, den Einfluss besprechen, den Flüssigkeitsschichten und Deckgläser ausüben, unter welchen aus Gründen der Conservirung derselben die Objecte, die man der mikroskopischen Betrachtung unterwirft, meist zu liegen kommen und wodurch dieselben eigentlich erst zu mikroskopischen Präparaten werden. Das Object liegt auf einem Glasstreifen, dem Objectträger, bedeckt mit dem Deckglase und meist eingebettet in einer Conservirungsflüssigkeit. Das Ganze heisst man ein „mikroskopisches Präparat".

Um den Einfluss der Deckgläser oder Flüssigkeitsschichten auf den Gang der Strahlen zu verstehen, ist folgende Erörterung nöthig: Es sei *o* in Fig. 19 ein Punkt eines beleuchteten Objectes, über welchem das Deckglas *A B* liegt. Von diesem Punkte *o* des beleuchteten Objectes geht ein Strahlenkegel aus. Es ist bekannt, dass Lichtstrahlen desto stärker gebrochen werden, je schiefer sie auf die brechende Fläche auffallen; freilich hat dies eine Grenze, indem gar zu schief auffallende Strahlen nicht mehr gebrochen, sondern ganz zurückgeworfen werden. *o b* und *o d* sowie *o c* und *o e* seien solche Strahlen, welche vom Punkte *o* des Objectes ausgehen und vom Deckglase (oder einer das Object bedeckenden Flüssigkeitsschichte *A B*) bei *b*, *d*, *c* und *e* gebrochen werden, so dass sie in den Richtungen *f l*, *h m* einerseits, *i n* und *g s* andererseits beim Austritt aus dem Glase in die Luft fortgehen. Nur der Strahl *o p*, welcher also in der optischen Achse liegt, wird ungebrochen bleiben.

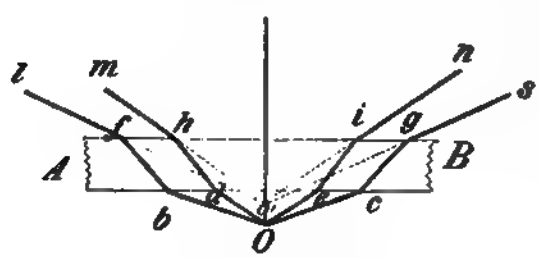


Fig. 19.

Da aber unserem Auge jeder Lichtstrahl geradlinig erscheint, so sehen wir auch den Punkt *o* durch das Deckglas *A B* hindurch nicht mehr in *o*, sondern

Dreht man an der in der Mitte des Systems ersichtlichen hervorragenden Randerirung, so werden die inneren zwei Glieder des Objectivsystemes gehoben oder gesenkt und so den unteren genähert oder entfernt. Man kann auf diese Art während des Beobachtens das Bild nach der jeweiligen Deckglasdicke corrigiren, was ein sehr grosser Vortheil ist, da man dabei sieht, wie die Correction wirkt. Dort aber, wo man die Deckglasdicke kennt, kann man die Correction schon vor der Beobachtung feststellen. Um das Correctionssystem herum (siehe Fig. 21) ist nämlich gürtelförmig eine Theilung angebracht, so dass die Theilstriche und Ziffern beim Drehen an einem Zeichen (Punkt oder Strich), welches am feststehenden Theil des Correctionssystems angebracht ist — vorbeipassiren (diese ganze Vorrichtung heisst technisch „Correctionsring"); jeder Theilstrichabstand entspricht nun gewöhnlich einer Deckglasdicke von $^1/_{100}$ *mm*. Weiss man zum Beispiel, dass das Deckglas, welches man gemessen hat (darüber später), 0·20 *mm*, also 20 Hunderttheile eines Millimeters dick ist, so dreht man am Correctionsringe so lange, bis das Zeichen (der „Index") von 1 an gezählt den zwanzigsten Theilstrich zeigt und betrachtet nun das Object. Diese vielfach empfohlene Art der Correction lässt uns aber dort im Stiche, wo nebst dem Deckglase noch eine Flüssigkeitsschicht von beträchtlicherer Dicke über dem zu betrachtenden Gegenstande liegt, da ja diese ähnlich dem Deckglase wirken muss und sonach das Object gewissermaassen von einem dickeren Deckglase bedeckt erscheint. Dieser Fall stellt sich sehr häufig ein, wenn dickere Objecte in einer Conservirungsflüssigkeit liegen, oder man eine tieferliegende Schichte eines dickeren durchsichtigen Objectes betrachtet etc. In solchem Falle muss man wohl schon während des Beobachtens selbst mit dem Correctionsring nachhelfen, was allerdings recht lästig und nicht immer leicht auszuführen ist.

§ **25**. Im Wege des Principes der sogenannten Eintauchung, „Immersion", ist man heute so weit gekommen, die Deckglascorrectionsvorrichtung ziemlich entbehren zu können, doch werden Wasser-Immersionssysteme noch meist mit Correction versehen, warum, das werden wir bald einsehen.

Es ist bekannt, dass wenn Lichtstrahlen unter einem gewissen sehr schiefen Winkel auf einen durchsichtigen, lichtbrechenden Körper auffallen, sie nicht mehr durch den Körper hindurchgehen, sondern wie von einem Spiegel zurückgeworfen werden, was man die totale Reflexion nennt, zum Unterschied von der partiellen, welche auch da immer eintritt, wenn Lichtstrahlen durch Medien von verschiedener Brechung durchgehen, z. B. von Luft in Glas, von da wieder in Luft u. dergl. Die totale Reflexion für unsere Glassorten tritt bei einem Winkel von 41° 40′ ein, d. h. wenn ein Lichtstrahl unter diesem Winkel auf eine Glasfläche auffällt, so wird er nicht mehr durchgelassen, sondern vom Glase reflectirt; bei minder kleinen Winkeln wird nur ein Theil des Lichtes durchgelassen, ein anderer Theil reflectirt, bei einem Winkel von 180° endlich geht theoretisch alles Licht durch, obgleich dies in der Praxis nicht gilt, sondern auch hier noch Licht theils durch die Absorption, theils durch die sogenannte innere Reflexion verloren geht, und zwar desto mehr, je dicker das brechende Medium ist, da es eben keinen vollkommen durchsichtigen Körper gibt. Aus dieser Erwägung folgt, dass auch beim Durchgange von Strahlen vom Präparate durch das Deckglas zum Objective und von da zum Oculare durch die totale partielle und die innere Reflexion, ganz abgesehen von der Absorption in dem Linsensysteme selbst, Licht verloren geht, und zwar um desto mehr, je schiefer die Strahlen auffallen und je grösser der Unterschied zwischen den brechenden Medien ist, die das Licht passirt. Wenn das Licht aus dem Deckglase austritt (siehe oben Fig 19), wie bei *f* und *h* und *i* und *g*, so haben die Strahlen *fl* und *hm*, sowie *in* und *gs* schon eine ziemlich schiefe, gegen die Frontlinsenfläche des Objectivsystemes sehr geneigte Richtung, so dass viele derselben, namentlich die Randstrahlen, unter dem

Minimum von 41° 40′ auffallen und daher ganz reflectirt werden, viele dagegen durch die partielle Reflexion verloren gehen, da zwischen der Frontlinse und dem Deckglase Luft ist, also ein Körper, der erheblich weniger lichtbrechend ist, als das Glas.[1])

Um diese Lichtverluste auszugleichen, hat man nun vorgeschlagen, zwischen Linse und Deckglasoberfläche Wasser zu bringen. Wasser hat denn doch einen Brechungscoefficienten von 1·336, wenn Glas einen solchen von ca. 1·596 hat, es ist also beim Durchgang ein viel geringerer Unterschied in der Brechungskraft von Glas und Wasser, als von Glas und Luft, es wird also dabei weniger Licht verloren gehen. Auch wird, da dann die aus dem Deckglas austretenden Strahlen wieder in ein fast ebenso stark lichtbrechendes Medium übergehen, der in Fig. 19 dargestellte Einfluss des Deckglases, resp. verschieden dicker Deckgläser gemildert; ich sage gemildert, da eben das Objectiv sammt dem eingeschalteten Wassertropfen dennoch immer für bestimmte Deckglasgrenzen berechnet und hergestellt werden muss, weiters weil denn doch zwischen Wasser und dem Glase der Frontlinse des Objectives einerseits und dem Glase der Frontlinse des Objectives und dem Glase des Deckglases andererseits eine Verschiedenheit im Brechungsexponenten von circa 0·26 besteht.

Man hat daher die stärkeren Immersionssysteme stets mit Correction hergestellt, bis auf das schwächste, welches man meist mit oder ohne Correction haben kann. Ich selbst benützte lange Jahre hindurch ein derartiges Wasserimmersionssystem Nr. 10 ohne Correction von Carl Reichert in Wien, welches mir treffliche Dienste leistete.

§ **26**. Um jedoch die Correction auch bei stärkeren Systemen entbehrlich zu machen und auch noch aus anderen Gründen, hat man im Jahre 1878 zuerst in Deutschland nach dem Principe Stephenson's sogenannte homogene Immersionen hergestellt, d. h. Tauchsysteme, die nicht in destillirtes Wasser, sondern in eingedicktes Cedernholzöl, oder in eine Mischung von Ricinus- und Fenchelöl, in eine Mischung von Vaselin und Mandelöl, oder in eine Emulsion aus Chloralhydrat und Glycerin eintauchen. Die genannten Flüssigkeiten, von denen das Cedernholzöl das weitaus gebräuchlichste Medium ist, haben nämlich alle nahezu denselben Brechungsexponenten, wie das Crownglas der Frontlinse und des Deckgläschens, sodass eine optisch homogene Verbindung zwischen System und Präparat hergestellt wird, welche noch vollkommener wirkt als das Wasser der Wasserimmersion. Solche homogene Immersionen von Carl Reichert VIII. Bennogasse 26, F. Ebeling, XVII Gürtel Nr. 2 und Louis Merker VIII. Buchfeldgasse 19 in Wien habe ich selbst benützt und benütze sie noch und kann ich dieselben wärmstens für alle jene Fälle empfehlen, in welchen es sich um subtile Untersuchungen handelt. Nur muss man, wie auch bei Wasserimmersionen, die Systeme sehr rein halten, nie mehr als einen kleinen Tropfen zwischen Objectiv und Deckglas bringen und nach Gebrauch die Frontlinse sehr rein abwischen und schliesslich mit Xylol[2]) bei den Oelen, mit destillirtem Wasser und Spiritus bei der Chloralhydrat-Glycerinmischung sehr rasch abwaschen und gleich darauf gut abtrocknen. Wenn auch bei den Immersionssystemen die Frontlinse keine achromatische Linse, sondern eine einfache Crownglaslinse ist, so ist doch diese Frontlinse mitunter mit Canadabalsam in ihre Fassung eingekittet und Oele, auch fette Oele, greifen nach den Untersuchungen des Dr. Jolles, sobald nur ein geringer Rest davon in die Fassung dringt, die Verkittungen an. Merker in Wien zieht es daher vor, bei seinen Immersionssystemen bei der

[1]) 41° 40′ ist der sogenannte Grenzwinkel zwischen Luft und Glas; er hindert auch bei den Trockensystemen die volle Ausnützung des Oeffnungswinkels und eine Erhöhung der numerischen Apertur, weil ein Strahlenkegel aus einem dichteren Medium nur dann vollständig in ein weniger dichtes Medium eintreten kann, wenn sein Oeffnungswinkel nicht grösser ist, als der Grenzwinkel.

[2]) Ein methylierter Kohlenwasserstoff; kann hier durch Benzin ersetzt werden.

[illegible] und das [illegible] Verhalten der Kirsch-Operation im Allgemeinen

Wie diese Vergrösserung bestimmt wird, können wir erst dann beschreiben, bis wir das Messen der Objecte unter dem Mikroskop abgehandelt haben werden; vorläufig müssen wir daran festhalten, dass die Vergrösserung eines Mikroskopes ein Factor der Gesammtleistung, aber kein Ausdruck, kein Maass für dieselbe ist.

Wir werden approximativ-vergleichbare Maasse für die optische Leistungsfähigkeit von Mikroskopen bei dem Abschnitte „Prüfung und Kauf eines Mikroskopes" kennen lernen; hier ist es unsere Aufgabe, die optisch-relevanten Verhältnisse der Mikroskope zu besprechen und das optische Vermögen zu zergliedern.

Diese optisch-relevanten Verhältnisse sind: die Brennweite der Objectivsysteme, der Oeffnungswinkel und die sogenannte numerische Apertur derselben, endlich, die bereits besprochene Vergrösserung, welch' letztere jedoch nicht für das Objectivsystem als solches (absolute Vergrösserung), sondern mit Bezug auf die verschiedenen Oculare, mit denen ein System bei einer bestimmten Tubuslänge combinirt wird, angegeben zu werden pflegt.[1])

Die Brennweite der Objectivsysteme wird meist in englischen Zollen oder in Millimetern, oft auch in beiden Maassen angeführt. Sie bedingt die Vergrösserung des Objectivsystemes an sich und beeinflusst den Focalabstand, d. h. den Abstand der Frontlinse vom Präparate, wenn dasselbe eingestellt ist, welcher Abstand behufs Ermöglichung der Durchforschung dickerer Präparate und bequemer Manipulation mit denselben, namentlich bei den mittleren Systemen nicht zu klein sein soll, weshalb die modernen Firmen darauf ihr Augenmerk richten, stark „focale" mittlere Linsensysteme zu verfertigen.

Bei den schwachen Systemen ist der Focalabstand ohnedies meist hinreichend gross, bei den starken kann er über ein gewisses Maximum hinaus nicht erweitert werden. Je kleiner die Brennweite eines Systemes, desto stärker die Vergrösserung. Die Brennweite gibt also ein Maass der Stärke der Systeme. Hat man ein System von $^1/_2$ engl. Zoll Brennweite vor sich, so weiss man, dass es ein schwaches sein wird; eines von $^1/_5$ Zoll z. B. ist ein mittelstarkes zu nennen, ein solches von $^1/_8$ Zoll kann man als starkes bezeichnen, während die allerstärksten Systeme $^1/_{20}$ ja $^1/_{30}$ Zoll Brennweite haben. Weiter geht man heutzutage nicht, da das optische Vermögen über diese Grenzen hinaus, ja eigentlich schon von $^1/_{15}$ Zoll Brennweite an, nicht in dem Maasse mit der Vergrösserung zunimmt, dass sich die technische Schwierigkeit, so starke Systeme herzustellen, lohnen würde, umsoweniger, als das Arbeiten mit so kurzen Brennweiten ein höchst unbequemes ist.

Deshalb bleiben auch die mittelstarken Systeme die eigentlichen Arbeits-Systeme, und man trachtet ihnen heute ein so grosses optisches Vermögen zu geben, dass sie, was die Leistungsfähigkeit anbelangt, die stärksten Systeme aus der Mitte unseres Jahrhunderts übertreffen. Dies liegt aber hauptsächlich an ihrem hohen Oeffnungswinkel, respective der sogenannten numerischen Apertur derselben, welche die „wirksame Oeffnung" eines Linsensystemes bedingt.

§ 28. Unter **Oeffnungswinkel** eines Objectivsystemes versteht man jenen Winkel, welcher entsteht, wenn man sich die von einem Punkte des beleuchteten Objectes, welches man durch das Objectiv beobachtet, ausgehenden Strahlen, welche die Begrenzung des ganzen Strahlenkegels, der von einem Punkte

[1]) Die absolute Vergrösserung nennt man auch „Objectivvergrösserung."

dés Objectes ausgeht, bilden, als Linien denkt und nun diese Linien bis zu den Rändern der Objectivöffnung verlängert. Es leuchtet ein, dass durch jede innere Abblendung der Oeffnungswinkel kleiner wird. (Vgl. § 14.) Die **numerische Apertur**, welche nach den Untersuchungen Dr. Abbe's den eigentlichen Maassstab für die Auflösungskraft der Systeme bildet, ist eine Function dieses Oeffnungswinkels, nämlich der Sinus des halben Oeffnungswinkels multiplicirt mit dem Brechungsindex des vor der Frontlinse liegenden Mediums (z. B. Luft, Wasser, Oel etc.). Diese Zahl hat nun eine doppelte Bedeutung: Erstens wird die sphärische Aberration desto grösser, je grösser der Oeffnungswinkel wird, da desto mehr Randstrahlen zur Wirkung kommen, zweitens werden aber innere Structurdetails im Präparate desto besser sichtbar, je schiefere Strahlen, von ihnen herkommend, noch durch die Linsencombination zum Auge gelangen können und dies ist eben in desto höherem Maasse der Fall, je grösser dieser Oeffnungswinkel ist. Während also einerseits die sphärische Abberration wächst und das Bild neblig wird, die äusseren Conturen verschwimmen, treten andererseits innere, sehr zarte Details hervor und das Bild erscheint heller, und lebhafter gefärbt. Dieses Vermögen, sehr zarte Details des Präparates[1]) deutlich zu zeigen, heisst man das sogenannte Abbildungs- oder Auflösungsvermögen der Objectivsysteme (fälschlich von den Engländern penetrating power oder durchdringendes Vermögen genannt, welches, wie Dr. Julius Wilh. Behrens neuerlich erörtert hat, eine separate, bei uns Tiefenwirkung genannte Componente des optischen Vermögens bildet und mit dem Auflösungsvermögen nicht zu-, sondern abnimmt); Auflösungsvermögen deshalb, weil es sehr nahe bei einanderliegende Punkte, Sechseckchen und dergleichen, die bei minder auflösungsmächtigen Systemen zusammenhängende Linien zu sein scheinen oder ganz unsichtbar bleiben, in ihre Elemente also: Punkte, Sechseckchen und dergleichen auflöst, ganz ähnlich, wie ein Fernrohr in einem mit freiem Auge als einziger Stern erscheinenden Himmelslicht eine Gruppe, bestehend aus zwei, ja drei Sternen erkennen lässt oder gar einen Nebelfleck in eine Heerde von Sternen zerlegt.

Es ist natürlich, dass man die Uebelstände, die die grosse Oeffnung nach sich zieht, nämlich das starke Hervortreten der sphärischen Aberration, durch technische Hilfsmittel zu corrigiren sucht, um dadurch ein scharf begrenztes, und farbenfreies Bild zu erhalten, ohne den Oeffnungswinkel zu verringern.

Mit anderen Worten: Man sucht das Auflösungsvermögen mit einem guten Begrenzungsvermögen zu vereinigen, was allerdings, wie aus dem bei Besprechung der sphärischen Aberration (§ 8) bereits Gesagten hervorgeht, wegen der Randstrahlen seine technischen Schwierigkeiten hat, weshalb man das Begrenzungsvermögen (defining power) dem Auflösungsvermögen geradezu entgegengestellt hat; in Wahrheit ist das eine wie das andere nur je eine Componente des optischen Vermögens überhaupt, zu der sich das sogenannte Tiefenwirkungs-Vermögen als dritte Componente hinzugesellt. Immerhin bleibt das Auflösungsvermögen die wichtigste Componente und bildet daher einen Hauptvorzug eines guten Instrumentes; die beiden anderen Vermögen sind gewissermassen nur etwas Negatives, nämlich der Ausdruck der Beseitigung der durch möglichste Hebung des Auflösungsvermögens mit sich gebrachten Fehler des betreffenden Systemes. Wir definiren das Begrenzungsvermögen als die Fähigkeit, ein scharfes, von Farbensäumen und Nebelschleiern freies Bild zu liefern welches wie gezeichnet aussehen, d. h. deutliche und doch feine Contouren haben soll. Dies erreicht man durch Verbesserung der chromatischen und sphärischen Aberration. Die Correctur

[1]) Insbesondere zarte Streifungen und Zeichnungen an der Oberfläche gewisser organischer Objecte. Siehe bei § 30 weiter unten.

der chromatischen Aberration haben wir zum Theile bereits besprochen (§ 10) und auch erklärt, wie sie in der Regel durch „achromatische“ Linsen zu erreichen gesucht wird (§ 20). Trotzdem nun die Linsen achromatische heissen, bleibt doch, da entweder die rothen oderdie violetten Strahlen auf die nämliche Brennweite gebracht, die Systeme also im ersteren Falle, wie der Terminus lautet, „unter-, im zweiten Falle übercorrigirt“ sind — die sogenannte secundäre Farbenabweichung, auch Secundär-Spectrum genannt, zurück und äussert sich bei schiefer Beleuchtung in einem eigenthümlichen gelblichen oder grünlichen Schimmer des Gesichtsfeldes, d. h. des lichten Kreises, den man im Mikroskope sieht, während bei centraler Beleuchtung die scharf eingestellten Objecte einen durch Aufhebung der complementären Farben hervorgerufenen grauweissen, eigenthümlich schimmernden Saum zeigen, der namentlich bei stärkeren Systemen und sehr zarten Objecten, z. B. Bacterien, deutlich hervortritt. Bei den apochromatischen Objectiven ist, wie bei Besprechung der apochromatischen Linsencombinationen (§ 21) erwähnt wurde, auch der gelbliche und grünliche Schimmer fast ganz beseitigt und der schimmernde Saum viel weisser als bei den Achromat-Objectiven. Doch gehen wir weiter. Das zweite dieser negativen Vermögen, das Tiefenwirkungsvermögen, ist das Vermögen eines Linsensystems, auch dickere Präparate zu durchdringen und den Zusammenhang der einzelnen Schichten scharf und deutlich zu zeigen. Es ist sozusagen ein wahrhaftes Durchdringungsvermögen und sollte mit dem Auflösungsvermögen nicht verwechselt werden, da es ebenso wie das Begrenzungsvermögen mit dem Oeffnungswinkel abnimmt, folglich sich nur schwer mit einem grossen Auflösungsvermögen verbinden lässt. Theoretisch betrachtet dürfte ein gutes Objectiv blos eine einzige Durchschnittsebene des betrachteten Objectes abbilden.

§ 29. Fassen wir also das Gesagte zusammen, so kommen wir zu dem Resultate: das optische Vermögen liegt eigentlich blos im Auflösungsvermögen; dieses wächst mit der wirksamen Oeffnung; mit dieser wachsen aber auch die Aberrationen und die Bildschärfe und Tiefenwirkung nimmt ab; ja sogar der Focalabstand wird in der Regel kleiner, je grösser der Oeffnungswinkel wird. Die Aufgabe der modernen Technik ist es also, bei grösstmöglichem Auflösungsvermögen die bestmögliche Correctur der Aberrationen zu bewirken. Das Resultat dieser Correctur äussert sich in Begrenzung und Tiefenwirkung. Wie diese Correctur zu Stande kommt, haben wir nur angedeutet; in der Praxis ist es die Sache der Kunstfertigkeit des Optikers; die Principien gibt freilich die Wissenschaft.

Es wurde durch die Wissenschaft festgestellt, dass das normale menschliche Auge trotz der bisherigen Fortschritte in der Mikroskop-Erzeugung relativ weit kleinere Körper noch wahrzunehmen vermag, wenn es dieselben mit unbewaffnetem Auge betrachtet, als mit Hilfe eines Mikroskopes.

So braucht (nach Harting) ein fadenförmiges Object, um vom blossen Auge wahrgenommen zu werden, blos einen Durchmesser von $^1/_{200}$ *mm* zu besitzen, während im Mikroskope dasselbe Object $^1/_{30}$ *mm* gross erscheinen muss, um wahrgenommen zu werden. Dies ist so zu verstehen: Ein fadenförmiges Object von $^1/_{15000}$ *mm* Durchmesser muss mit einem guten Mikroskope mindestens 1500mal vergrössert werden, um sichtbar zu werden, da es erst bei dieser Vergrösserung $^1/_{30}$ *mm* gross erscheint.

Seitdem Harting diese Untersuchungen pflog, sind allerdings die Mikroskope verbessert worden, indem man, wie bereits erwähnt, denselben ein hohes Auflösungsvermögen zu geben vermag, aber das von der Wissenschaft gesteckte Ziel, im Mikroskope ein Object, welches darin $^1/_{200}$ *mm* gross erscheint, also welches noch innerhalb der Grenze des Sehvermögens des menschlichen Auges liegt, wahrnehmbar zu machen, und so die Sehfähigkeit des menschlichen Auges voll auszunützen, ist nicht erreicht worden und wird

hauptsächlich deshalb nicht erreicht werden, weil mit der Vergrösserung die Lichtstärke des mikroskopischen Bildes in einem quadratischen Verhältnisse abnimmt; sieht also das normale Auge einen Gegenstand bei der Lichtstärke 1, so sieht es ihn zehnmal vergrössert blos in einer Lichtintensität von Einhundertstel u. s. w. Natürlich concentrirt der Spiegel des Mikroskopes das Licht derart, dass bei schwachen Vergrösserungen das Auge sogar geblendet wird, bei starken erweist sich aber das Gesichtsfeld, namentlich bei trübem Himmel, meist zu dunkel, um beispielsweise die Farben der Objecte deutlich erkennen zu lassen und hat man deshalb verschiedene Beleuchtungsapparate construirt (auf die wir weiter unten zurückkommen werden), um diesen Lichtverlust zu paralysiren. Bei voller Wirkung dieser Beleuchtungsapparate treten zwar die Farben der Objecte gut hervor, die Contouren aber verschwimmen und so kann der schon vom Objective herrührende Lichtverlust durch Beleuchtungsapparate nicht ersetzt werden. Dieser Lichtverlust ist übrigens desto geringer, je grösser die numersiche Apertur der Systeme ist. In dieser ist aber, wie wir gehört haben, nicht nur der Oeffnungswinkel, sondern auch der Brechungsindex der betreffenden Medien ein Factor. Je grösser also der Brechungsindex wird, desto grösser wird die numerische Apertur. Zeiss hat deshalb neuester Zeit äusserst vollkommene Objective construirt, welche, um eine noch grössere numerische Apertur zu erzielen, mit Frontlinsen statt aus Crownglas, aus Flintglas versehen sind, welches ja einen grösseren Brechungsindex als Crownglas hat und hat als Eintauchflüssigkeit für diese nach dem Principe der homogenen Immersion construirten Systeme eine dem Brechungsvermögen des Flintglases entsprechende Substanz, das Monobromnaphthalin, gewählt, worauf wir noch zurückkommen. (Unten § 31.)

Sehr hohe Aperturen sind, wie wir später sehen werden, hauptsächlich für den Diatomeenforscher, allenfalls auch den Bacteriologen, von Werth — für den Histologen und wohl auch für den Pharmaceuten genügen geringere Aperturen, zumal, wie Behrens, eine grosse Autorität auf dem Gebiete der Mikroskopie, hervorhebt, das Begrenzungsvermögen und die Tiefenwirkung bei Objectivsystemen für histologische Zwecke sehr wichtige Eigenschaften sind, welche sich nur auf Kosten des Focalabstandes — wie wir früher erwähnten — mit einem grossen Oeffnungswinkel vereinigen lassen, denn der Oeffnungswinkel wird unter sonst gleichen Umständen desto grösser, je näher der Brennpunkt an die Linse heranrückt, also je kleiner der Focalabstand wird; suchte man daher durch Zusammenstellen mehrerer Linsen unter zweckmässiger Abblendung der gar zu sehr die Begrenzung und Tiefenwirkung störenden Randstrahlen ein möglichst scharf definirendes System zusammenzustellen, so würde man, um eine verhältnissmässig hohe Apertur zu erzielen, das System mit einem kleineren Focalabstande herstellen müssen. Aus dem Gesagten leitet sich übrigens auch eine populäre Definition der numerischen Apertur her, welche besagt, dass die numerische Apertur schliesslich nichts Anderes ausdrückt, als das Verhältniss der lichten Oeffnung eines Systemes zu dessen Brennweite oder einen Bruch, dessen Zähler die lichte Oeffnung — ausgedrückt durch den Radius des austretenden Strahlenkegels in der Durchschnittsebene, die durch den Brennpunkt senkrecht auf die Achse des Linsensystemes gelegt gedacht wird — bildet, während die Brennweite in den Nenner kommt. Bei dieser Definition bleibt der Brechungsindex als Factor ganz aus dem Spiele, doch ist er implicite inbegriffen, da er den Zähler in positiver, den Nenner in negativer Hinsicht beeinflusst. Hier sei auch bemerkt, dass man die numerische Apertur kurz mit „*N. A.*" bezeichnet.

§ 30. Nach diesen mehr allgemein gehaltenen Erörterungen wollen wir die Objective, auch Objectivsysteme, Linsensysteme oder Systeme schlechthin genannt, zu gruppiren versuchen.

Nach Dippel kann man fünf Grundformen von Linsensystemen (Objectiven) unterscheiden: 1. Schwache, 2. mittelstarke, 3. starke Trockensysteme und 4. Immersionssystme, 5. apochromatische Objective.

Wir wollen einige allgemeine Characteristica dieser 5 Typen kurz wiedergeben, ohne besondere Abweichungen von diesen Typen zu berücksichtigen.

1. Die schwachen Objectivsysteme, welche ein grosses Gesichtsfeld mit grossem Focalabstand vereinigen, dienen zur Betrachtung grösserer Gegenstände im Ganzen, z. B. eines ganzen Insectes, eines Embryo u. dgl. oder zur allgemeinen Orientirung in an und für sich subtileren Präparaten; auch zum Präpariren subtilerer Objecte werden sie manchmal benützt, insbesondere in Verbindung mit den später zu besprechenden bildumkehrenden Ocularen. Diese schwachen Objective besitzen eine Brennweite von 50 *mm* bis zu 15 *mm* herab. Die numerische Apertur übersteigt fast niemals 0·30.

Die Construction erfolgt mit Hilfe von achromatischen Linsen; für sehr lange Brennweiten wird eine achromatische Doppellinse benützt, für kürzere Brennweiten zwei Doppellinsen. Die Frontlinse, d. h. die dem zu betrachtenden Objecte zugekehrte „vorderste" Linse, pflegt auch hier die kleinere an Durchmesser und Brennweite, also die stärkere zu sein, und deren Aberrationsreste müssen von der zweiten, hinteren Linse ausgeglichen werden.

2. Die mittelstarken Trockensysteme, welche eine Brennweite von 16 bis herab zu 6 *mm* und einen Oeffnungswinkel bis 60°, also 0·50 numerische Apertur besitzen, bestehen aus drei Gliedern, und zwar entweder aus drei Doppellinsen oder aus einer dreifachen Frontlinse und je einer doppelten Mittel- und Hinterlinse.

Neuerer Zeit macht man solche mittelstarke Trockensysteme auch derart, dass man eine einfache Halbkugel (ebenso wie bei den starken Systemen) aus Crownglas mit der planen Seite nach aussen, als Frontlinse benützt und mit einer doppelten Mittel- und Hinterlinse combinirt. Diese Systeme werden bei allen histologischen Untersuchungen als die eigentlichen Arbeitssysteme benützt, da sie mit den schwächsten Ocularen circa 70—100mal, mit den stärkeren 150—300mal vergrössern und dabei ein ziemlich grosses Stück auch ausgedehnterer Objecte überblicken lassen und einen genügenden Abstand der Frontlinse vom Deckglase haben, um bequem arbeiten zu können. Zur genaueren Betrachtung sehr kleiner Objecte dienen für gewöhnlich die sogen. starken Trockensysteme.

3. Diese starken Trockensysteme haben meist Brennweiten unter 6 *mm*, grössere Oeffnungswinkel als solche von 60°, also höhere numerische Aperturen als 0·50. Sie bestehen aus einer halbkugeligen Frontlinse aus Crownglas und entweder noch zwei achromatischen Doppellinsen als Mittel- und Hinterglied (meist je eine biconvexe Crownglaslinse verkittet mit einer planconcaven Flintglaslinse) oder ausser der Frontlinse noch aus je einer aus den neuen Glassorten von Schott und Genossen in Jena zusammengesetzten dreifachen Mittel- und Hinterlinse. Die stärkeren dieser Systeme macht man gar viergliedrig, und zwar wird dann eine halbkugelige einfache Frontlinse mit drei Doppellinsen combinirt. Die zwei vorderen Glieder wirken zusammen und werden von den beiden Hintergliedern corrigirt. Diesen viergliedrigen Trockensystemen stärkster Vergrösserung (mit den schwächsten Ocularen circa 400—500mal) giebt man mitunter sogenannte Correctionsfassung (§ 24).

4. Die achromatischen Objectiv-Systeme für Wasserimmersion oder solche für sogen. Oelimmersion (§§ 25 und 26) sind meist viergliedrig, wie die starken Trockensysteme und macht man eben Immersionssysteme stets nur zum Gebrauche für starke und stärkste Vergrösserungen.

Schon die schwächsten Immersionssysteme pflegen blos $^1/_{12}$ englische Zoll, d. i. 1·8 *mm* äquivalente Brennweite aufzuweisen und mit den schwächsten Ocularen circa 500mal zu vergrössern.

Man macht hier die Frontlinse eigentlich doppelt (weshalb man diese Objective auch Objective mit „Duplexfront" nennt), indem man als Vorderlinse und erste Mittellinse je eine halbkugelige Crownglaslinse, welche nahe aneinanderliegen, benützt und sie mit zwei achromatischen zweifachen oder dreifachen Linsencombinationen als drittes und viertes Glied combinirt. (Siehe Fig. 20.) Die zweifachen Linsen sind meist gewöhnliche, planconvexe aus je einer Biconvexlinse aus Crown- und einer planconcaven Flintglaslinse zusammengesetzte achromatische Linsen. Macht man diese Linsen jedoch anstatt zweifach, dreifach, so wendet man dazu die neuen Glassorten (Phosphat- und Silicatgläser) an und erhält einen beinahe apochromatischen Effect. (§ 21).

Solche Systeme hat Reichert „Semiapochromate" genannt. Zeiss hat sich dagegen verwahrt und wollte diese Systeme (meist homogene Immersionen) blos als achromatische angesehen haben, obwohl gerade Zeiss zu seinen Apochromaten eigens zusammengeschmolzene Gläser (vgl. § 21) zu benützen pflegte, während Reichert zu den Apochromaten auch Flussspath verwendet.

Carl Reichert in Wien, welcher seit 1887 Apochromaten und die dazu gehörigen Compensations-Oculare verfertigt, ist zur Zeit die einzige Firma in Oesterreich, von der man wirkliche Apochromaten inländischer, eigener Erzeugung, und zwar sowohl Trockensysteme, als auch homogene Immersionen von vorzüglicher Qualität beziehen kann. Viele hervorragende Kenner haben diese Systeme als vorzüglich anerkannt.

Da die wirklichen Apochromaten sehr theuer und in der Behandlung wegen der, allerdings nicht mehr in dem Grade, wie bei den ersten Systemen dieser Art, sich zeigenden Empfindlichkeit gegen Verunreinigungen, Wärme und Feuchtigkeit sehr heikel sind, so benützen sehr viele Forscher und insbesondere die meisten Praktiker auch zu den subtilsten Untersuchungen solche Semiapochromaten, wie sie jetzt ausser Reichert auch noch Louis Merker und Fritz Ebeling (letzterer ohne die obige Bezeichnung)[1]), als homogene Immersionen herstellen und deshalb wollen wir hier folgen lassen, was Reichert über seine „Semiapochromaten" sagt:

„Die neuen Semiapochromat-Objective unterscheiden sich von den gewöhnlichen Apochromaten hauptsächlich dadurch, dass zu deren Herstellung kein Flussspath, sondern theils Phosphat-, theils Silicatgläser verwendet werden, die bedeutend bessere optische Eigenschaften besitzen, als diejenigen, welche zu den früheren achromatischen Objecten verwendet wurden.

Diese Objective sind betreffs der Auflösungsfähigkeit den Apochromaten vollkommen ebenbürtig. In der sphärischen Aberration ist kein Unterschied, nur in Bezug auf chromatische Vollendung findet ein, aber auch nur an den subtilesten Probe-Objecten,[2]) an bacteriologischen und histologischen Objecten nicht wahrnehmbarer Unterschied statt.

Dr. Nelson, der in der Sitzung der königl. mikroskopischen Gesellschaft in London über die Fortschritte der Mikroskope und Mikroskop-Objective Bericht erstattet, schreibt, nachdem er über die neuesten Leistungen der ersten englischen und deutschen Mikroskop-Fabrikanten berichtet hat, wie folgt:

---

[1]) Manche ausländische Optiker bezeichnen diese Objective als „Panachromaten".

[2]) Damit sind die sogenannten Diatomeen gemeint, welche auf deutsch „Stäbchenalgen" heissen. Nach [illegible]nzensystem gehören sie zur I. Classe Tallophyta Familie der Algen. Sind einzellige Organismen, [illegible]urch einen grossen Gehalt an Kieselerde ganz starr ist und an der Oberfläche feine Streifungen [illegible] zeigt, welche bei einigen so subtil sind, dass nur ganz vorzügliche Objectivsysteme sie klar zu [illegible]gen. Wir werden weiter unten wiederholt mit ihnen uns zu beschäftigen haben.

„Es erscheint nun ein neuer Concurrent, C. Reichert aus Wien, im Felde. Das vorliegende Exemplar ist eines der zu allererst (im Jahre 1886) zu uns gekommenen Objective dieses Erzeugers; es ist ein 1/7" mit 0.84 N. A., das sehr gut corrigirt und schön gearbeitet ist. Es kostete 2 Pf. Sterling, und wurde zu jener Zeit nichts bei uns erzeugt, was sich selbst bei dreifachem Preise auch nur im Entferntesten mit demselben vergleichen liesse.

Vergangene Woche sandte mir Herr Baker eine neue Reichert'sche Oel-Immersion 1/15" mit 1·25 N. A., zum Preise von 5 Pfund Sterling, welche sich nach vorgenommener Messung als ein mit 1/12" identisch und einer N. A. von 1·24 erwiesen hat.

Diese Linse ist die schönste Oel-Immersion, die ich, mit Ausnahme der apochromatischen, je gesehen habe. Die sphärische und chromatische Aberration ist wunderbar balancirt, wie bei Gebrauch des grossen Illuminationskegels, nämlich der vollen Apertur des Zeiss'schen achromatischen Condensors[1]) deutlich zu sehen ist. Ich kenne keine ähnliche Linse, die eine so strenge Probe vertragen würde. Das Object, dass ich gewählt habe, hat einen dicken Silex[2]) und ist deshalb besonders geeignet, jede Farben-Nuance zu demonstriren. Je dicker der Silex, desto stärker ist die Farbe (also ein ausgezeichnetes Mittel, die Dicke der Structuren von Diatomeen zu bestimmen). Die meisten Linsen zeigen dasselbe Object tief gefärbt. Mit einem anderen Object, wie z. B. die Navicula Rhomboides[3]) in Balsam, erscheint der Silex auf jeder Seite des Raphe nur sehr blass lila. Diese Linse zeigt auch die schwierige Probe der secundären Felder von Aulacodiscus Sturtii[4]), wunderbar. Eine solche Linse ist mit Recht geeignet, in der Mikroskopie medicinischer und wissenschaftlicher Schulen eine hervorragende Rolle zu spielen."

5. Die Apochromate. Wir haben bereits gehört, dass die achromatischen Objectivsysteme keineswegs ganz farbenfreie Bilder geben und dass auch die sphärische Aberration, namentlich bei stark auflösenden Systemen relativ grösserer Brennweiten, die Schärfe und Deutlichkeit der im Mikroskope gesehenen Bilder noch immer, insbesondere merklich am Rande, beeinträchtigt. Diese Fehler machen sich namentlich beim Photographiren durch das Mikroskop fühlbar und es war daher das Bestreben des Dr. Abbe in Jena, diese Fehler zu beseitigen.

Zur weitgehendsten Correction der sphärischen Formaberration ohne Beeinträchtigung der Oeffnung standen den Fachkreisen schon aus der Geschichte des Mikroskopes bekannte Mittel zu Gebote. Diese waren 1. die Ausgleichung (Compensation) der im Objective zurückbleibenden sphärischen Formaberration durch eine entgegengesetzte des Oculares, wie solche schon Plössl, Benecke und andere ältere Optiker versucht hatten; bei diesen bildete je ein (auseinanderschraubbares) System mit dem Oculare ein optisches Ganzes. Oberhäuser und nach ihm Hartnack verliessen diesen Weg wieder und fertigten einerseits möglichst vollkommene Oculare und andererseits möglichst aberrationsfreie Objective. Dr. Carl Zeiss in Jena hat nun mit dem berühmten Mikroskopiker Dr. Abbe sogenannte Compensationsoculare construirt, welche eine der absichtlich nach einer Richtung hin nicht ganz corrigirten Aberration der Apochromatobjective entgegengesetzte Aberration zeigen. Diese Abweichungen heben sich nun wie etwas Positives und Negatives auf. Näheres darüber werden wir bei Besprechung der Oculare hören. 2. Die Behebung der chromatischen Aberration durch Linsen, welche nicht aus zwei, sondern aus drei Linsenkörpern bestehen, wie dies schon der berühmte Physiker Carl August Steinheil in seiner in München 1852 gegründeten „Optisch-

[1]) Vgl. unten § 41.

[2]) Kieselpanzer einer Diatomee, welcher als Probeobject dient, um an ihm feine Zeichnungen, Punkte, Streifen aufzulösen und damit das optische Vermögen des Objectives zu prüfen. (Vgl. oben § 23.)

[3]) Eine Diatomee.

[4]) Eine Diatomee.

astronomischen Anstalt" mit Erfolg versucht hat. Diese Art hat Dr. Carl Zeiss bei seinem schwächsten Apochromaten mit Erfolg in Anwendung gebracht, welcher nur aus einem Gliede, aber aus drei Linsen besteht, also ähnlich wie die „Dreifachlinse", welche Fig. 17 zeigt, aussieht.

Ueberhaupt hat man durch eine Vielheit von entsprechenden Linsen es leichter in der Hand, deren Fehler gegenseitig aufzuheben und der durch diesen Vorgang theoretisch (durch die innere Reflexion und Dispersion) herbeigeführte Nachtheil wird durch die Concentration der sonst in eine Brennlinie oder gar Brennfläche sich auflösenden Strahlen in einem Brennpunkte weit aufgewogen. Solche Systeme nannte man „dialytische" und sie waren seinerzeit sehr kostspielig und selten im Gebrauche, bei Construction der Apochromaten hat man aber auf dieses Princip zurückgegriffen und macht, während die stärksten achromatischen Systeme höchstens aus 4 Gliedern bestanden, die Apochromaten kürzerer Brennweiten mehrgliedrig, so dass manche derselben aus 10 einzelnen Linsen bestehen.

Alle diese erwähnten, aus der Geschichte des Mikroskopes hervorgeholten Verbesserungen der Achromatobjective, machen aber noch kein Objectiv zu einem Apochromaten. — Der Rest der nicht zu weissem Lichte vereinigten Strahlen bliebe noch immer ein bedeutender und machte sich sehr bemerkbar.

Es ist daher ganz und gar eine Errungenschaft der Neuzeit, die den vereinten Kräften tüchtiger Theoretiker und praktischer Optiker zu verdanken ist, wenn es gelang, das secundäre Spectrum ganz zu beseitigen und die Objective nahezu farbenfrei zu machen. Solche farbenfreie Objective nennt man zum Unterschiede von den Achromat-Objectiven **„Apochromat-Objective"**.

§ 31. Ich will es versuchen, dem Leser das Princip der Apochromasie (vgl. § 21 oben) hier noch ausführlicher darzulegen.

Schon bei Besprechung der Achromasie haben wir den Unterschied hervorgehoben, der in der Dispersion (Farbenzerstreuung) bei Crownglas und Flintglas hervortritt. Wir wollen dies nun ausführlicher erklären. Ein Flintglasprisma gibt mehr blaue und violette Strahlen, ein Prisma aus Crownglas dagegen mehr rothe Strahlen, was sich in dem Spectrum, an der Breite der Farbennuancen zeigt. Man geht dabei von der Regel aus, dass man das Spectrum nach den Frauenhoferischen Linien *B C D E F G H* in die sieben Regenbogenfarben theilt und die Brechbarkeit auf eine hier nicht näher zu erörternde Weise für die Farbe jeder dieser Linien bestimmt. Die dann durch Rechnung erhaltene Differenz zwischen dem Brechungsexponenten des Roth bei Linie *B* und des Violett bei Linie *H* geben ein annäherndes Maass der Grösse der Dispersion des benutzten Glases. Man hat nun gefunden, dass man durch chemische Beisätze in der Lage ist, Gläser zu erzeugen, deren Dispersionsdifferenz eine viel grössere ist, als bei dem gewöhnlichen bisher erzeugten Flint- und Crownglase, wodurch man eine vollkommenere Achromasie herbeizuführen im Stande ist, namentlich, wenn es eben gelingt, Gläser zu fertigen, die bei grosser Durchgängigkeit für weisses Licht dasselbe weniger in seine Farben zerstreuen. Solche Gläser wurden nun in der Fabrik für Glas zu wissenschaftlichen Zwecken der Herren Dr. Schott und Genossen in Jena nach vielfältigen Versuchen zu Stande gebracht und war man dadurch in die Lage gesetzt, apochromatische Systeme zu verfertigen.

Reichert in Wien hat, wie erwähnt, mit bestem Erfolge Apochromate mit Zuhilfenahme von Flussspath hergestellt.

Diese Apochromaten besitzen eine verschiedene numerische Apertur von 1·25 bis 1·40 und sind in sehr solider Weise ausgeführt, eben deshalb aber auch relativ kostspielig; ob und für welche Zwecke sich die Anschaffung dieser kostspieligen Objective empfiehlt, welche eben

Im Uebrigen sind, wie oben dargelegt, die Apochromaten besonders im Zusammenhang mit den Compensationsocularen ein Triumph der Wissenschaft und Technik.

Die Oculare.

§ 32. Weniger wichtig als die Objective sind für die Leistung der Mikroskope die Oculare, immerhin aber sind sie ein Factor des optischen Vermögens und beeinflussen, wenn auch nicht die Apertur, so doch die Gesammtvergrösserung, Lichtstärke und bei den Apochromatobjectiven auch die Gesammtcorrectheit des Bildes.

Die Linsen *o* und *c* in Fig. 12 (§ 13) bilden zusammen, wie schon oben erwähnt ein sogenanntes Huyghens'sches oder Campani'sches Ocular. Sie sind zusammen in ein Rohr gefasst, welches bei *oc* (§ 2, Fig. 5) in den Tubus des Mikroskopstatives eingeschoben wird. Zwischen beiden Linsen, Ocularglas und Collectiv wird eine Blendung, d. h. eine geschwärzte Scheibe mit einer centrischen kleineren runden Oeffnung, als die Collectivlinse hat — angebracht. Die Wirkung dieser Blendung ergibt sich aus § 8, sie wird aber auch dazu verwendet, um, wie wir später sehen werden, kleine scheibenförmige Nebenapparate, z. B. auf Glas geritzte, feine Maassstäbe („Glasmikrometer", welche wir weiter unten näher besprechen werden), Ringe mit Fadenkreuzen oder Glasscheiben mit eingeritzten Kreuzen, welche das Fadenkreuz ersetzen, daraufzulegen und so in den Gang der vom Objecte zum Auge kommenden Strahlen zu bringen, wodurch man sie im Gesichtsfelde gleichzeitig mit dem betrachteten Objecte, gewissermassen in die Objectebene projicirt und durch die Ocularlinse etwas vergrössert sieht.

Alle anderen Oculare sind ähnlich construirt. Optische Verschiedenheiten lassen uns jedoch 1. das Huyghens'sche Ocular (wie beschrieben und in Fig. 12 abgebildet), 2. das Ramsden'sche Ocular und 3. das Compensationsocular von Dr. Abbe und Zeiss unterscheiden; andere Arten sind: das orthoskopische, (achromatische) und das holosterische, ferner spricht man von Sucher- und von Arbeitsocularen und benennt schliesslich Oculare nach dem besonderen Zwecke, dem sie dienen sollen, als Messoculare (Goniometer- und Mikrometeroculare), Spectral- und Polarisationsoculare u. dgl., je nachdem mit dem Oculare Vorrichtungen zum Messen oder zur Polarisation oder endlich zu spectroskopischen Untersuchungen verbunden sind. An dieser Stelle haben wir aber blos das Ocular als optischen Factor zu besprechen also blos die Eintheilung in Huyghens'sche, Ramsden'sche Compensationsoculare und etwa noch die Bedeutung der Ausdrücke orthoskopisches und holosterisches Ocular zu erklären. Die sogenannten pancratischen oder bildumkehrenden Oculare werden wir als Nebenapparate später an passender Stelle besprechen, ebenso die Mess-, Polarisations- und Spectraloculare.

Alle Oculare theilt man in optischer Hinsicht ein in 2 Hauptgruppen: Positive und negative Oculare. Das Huyghens'sche Ocular ist ein negatives, das Ramsden'sche ein positives.

Bei den positiven Ocularen wirken beide Linsen zusammen vergrössernd, ähnlich wie eine aus zwei einzelnen Linsen bestehende Lupe, und das dem Objectiv zugekehrte Glas wirkt nicht als Collectiv (§ 12). Das reelle Bild entsteht hier nicht zwischen den 2 Linsen des Oculars, wie oben in Fig. 12 dargestellt erscheint, sondern es fällt dicht vor die untere Ocularlinse. Positive Oculare wirken demnach einfach als Lupe (Ramsden'sches Ocular). Die negativen Oculare (Campani, Huyghens) hingegen lassen

Präparate, da sie ein grosses Gesichtsfeld haben und heissen, weil sie das Aufsuchen kleiner Objectstellen erleichtern, Sucheroculare. Die zur eigentlichen genauen Untersuchung geeigneten, stärker vergrössernden Oculare nennt man Arbeitsoculare.

Wie Dr. Otto Zacharias, ein berühmter Mikroskopiker auf dem Gebiete der Zoologie, im XVI. Bande (S. 30 des Jahrganges 1896) des Biologischen Centralblattes mittheilt, hat das neueste, mit einer sogenannten Irisblende (eine Blende, die aus feinen Metallblättern besteht und sich durch Fingerdruck nach Art eines Katzenauges continuirlich erweitern, resp. verengern lässt, welche wir weiter unten bei den sogenannten Beleuchtungsapparaten nochmals besprechen werden) versehene Sucherocular Dr. Zeiss' in Jena, ein 2·25mal grösseres Gesichtsfeld, als gewöhnliche Huyghens'sche Oculare gleicher Vergrösserung. Die Compensationsoculare gestatten auch einen sehr grossen Wechsel der Vergrösserung und auch sehr hohe Vergrösserungen; besonders dürfen die stärksten Compensationsoculare auch mit schwachen apochromatischen Systemen verwendet werden, während die schwächeren und mittleren auch mit nichtapochromatischen starken Systemen, welche übercorrigirt sind, schöne Bilder geben. Deshalb fertigt Merker in Wien zu seinen nach Art der Semi-Apochromaten construirten starken homogenen Immersionen Compensationsoculare an. C. Reichert in Wien, welcher, wie erwähnt, auch wirkliche Apochromatobjective verfertigt, hat ebenfalls 6 Nummern Compensationsoculare, welche die Bezeichnungen 2, 4, 6, 8, 12 und 18 tragen in seinem Preiscourante 1897 verzeichnet. Früher fertigte er auch ein noch schwächeres Compensationsocular Nr. 1, und bezeichnete die Ocularnummern 1 und 2 als „Sucheroculare", die Nummern 3—18 als Arbeitsoculare (vgl. weiter oben in diesem Paragraphe die bezügliche Definition). Die sogenannten Projectionsoculare, welche auch mit besonderen schwachen Apochromatobjectiven, den sogenannten Projectionsobjectiven, zusammen die beste Wirkung geben, wo es sich um Mikrophotographie oder überhaupt Entwerfung (Projection) eines reellen Bildes des Objectes auf eine Fläche handelt, haben in der Regel ein nichtachromatisches Collectivglas, an Stelle des Ocularglases dagegen befindet sich ein verschiebbares, ganz schwaches, die secundäre Farbenabweichung (secundäres Spectrum vide § 10) möglichst beseitigendes und auch sonst gut auscorrigirtes Objectivsystem. Die practische Anwendung dieser Oculare werden wir erst weiter unten, bei Besprechung der Mikrophotographie erörtern.

Man hat auch zur gewöhnlichen Beobachtung mit achromatischen Objectiven achromatische Oculare construirt, insbesondere die stärkeren Nummern hat man unter dem Titel: Orthoskopische, periskopische, aplanatische Oculare aus achromatischem Collectiv- und Ocularglas construirt, doch wirken die gewönlichen Huyghens'schen Oculare fast ebenso gut, wenn nicht besser, wie sich ja aus § 12 dieses Buches ergibt, als jene achromatischen. Sehr starke Oculare für gewöhnliche Objective pflegen manche Optiker (so z. B. Ebeling in Wien) als Vollglasoculare („Holosteric") herzustellen, indem sie einen etwa wie Fig 15 c geformten Glaskörper in Ocularform fassen. Ein solches Ocular ist wegen der Homogenität des Mediums (Glas) lichtstärker als die starken Nummern Huyghens'scher Oculare, weil bei letzteren durch den wiederholten Uebergang der Strahlen von Glas in Luft und umgekehrt, Lichtverluste durch Reflexionen eintreten.

Die kleinen Stative.

[illegible] Wien, welches [illegible] hauptsächlich [illegible] und für [illegible] Verbesserung be- [illegible] der Stand- [illegible] Hülsen aus steigt [illegible] befestigt ist. [illegible] die [illegible] Tisch *ta*, welcher [illegible] bei *o* das [illegible] lässt. Diese Vorrichtung [illegible] (vgl. § 4 dieses Buches). Als [illegible] dient hier die Tischplatte, auf der das Object zu liegen kommt. Hier heisst es auch: „Kommt der Berg nicht zu Mohammed, so kommt Mohammed zum Berge.“ Kann, da eine solche Vor-

sofern sie einer 400maligen Vergrösserung als stärkster bedürfen. Damit Leser, falls er in der Praxis ein solches unterkommt, dessen charakteristis Merkmale sofort sich aussprechen könne, fassen wir sie hier kurz zusamm „Stativ aus Gusseisen. Tubus ohne Auszug, grobe Einstellu durch Tubus-Hebung, feine durch Mikrometerschraube am Tis (durch Heben und Senken desselben), Spiegel concav, nicht s lich verstellbar."

Eines jener Mikroskope, welche gestatten, nicht blos durch Schieb mit der Hand, sondern durch eine feinere mechanische Vorrichtung den Tu mit dem optischen Theile dem Präparate zu nähern oder zu entfernen, hal wir in Fig. 5, der diesem Leitfaden beigedruckten Abbildungen bereits kenn gelernt; wir erwähnen es hier nun nochmals mit dem Bemerken, dass gutes Zahn- und Trieb- nicht blos als grobe Einstellung, sondern auch hinreichend feine bis zu einer Vergrösserung von circa 350mal linear benü werden kann; für stärkere Vergrösserungen muss jedoch eine Mikromet schraube angewendet werden.

Fig. 24 zeigt ein Stativ, welches sowohl mit Zahn und Trieb als au mit Mikrometerschraube am Tische versehen ist; es ist eine Combination d in Fig. 5 und des in Fig. 23 abgebildeten Statives, welche auch eine seitlic

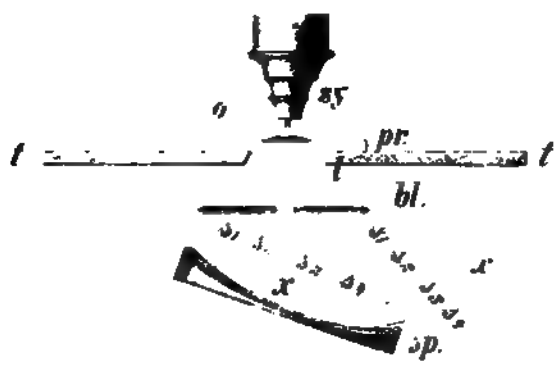


Fig. 25 Fig. 26.

schiefe Beleuchtung zulässt, wie selbe durch den am Arme *a* seitlich ve stellbaren Spiegel erzielt wird. Die Blendvorrichtung bei diesem Instrumen ist aber eine etwas andere und müssen wir auf dieselbe näher eingehen.

§ 35. Sehen wir uns in Fig. 25 den Gang der von dem Concavspieg auf das zu beleuchtende Object *p p* geworfenen Strahlen, welche parallel v der Lichtquelle, z. B. einem Fenster kommen, an, so bemerken wir, dass sie b regulärem Stand des Spiegels über dem Objecte *o* sich kreuzen, indem s durch das Präparat *pr* und das durchscheinende Object *o* hindurchgehen. D Object wird in diesem Falle mit dem System *sy* betrachtet und erscheint i Mikroskop vergrössert und sehr stark erleuchtet, da der volle Strahlenkeg s_1 s_2 ... s_5 das Object trifft. Würde nun bei *l* eine Blende von dem halb Durchmesser der Tubusöffnung *l* eingeschaltet, so wäre der Effect der, da nicht mehr alle Strahlen, wie sie, sondern weniger, z. B. blos s_3 und s_4, zu Präparate gelangen könnten, so dass dasselbe nur halb so stark erleucht werden würde, wodurch gewisse Contouren schärfer werden und manche D tails besser hervortreten. Wir haben hier angenommen, dass die Blen unmittelbar unter dem Präparate liegt.

Denken wir uns aber die Blende tiefer unter dem Präparate angebrach so wie in Fig. 25 die Blende *bl*, so würden noch viel weniger Strahlen zu Objecte *o* gelangen. Daraus folgt: Je tiefer man eine bestimmte Blend (vom Objecte aus gegen den Spiegel zu gerechnet) senkt, des

zeichnen, sind unvollkommene Auskunftsmittel älterer Mechaniker gewesen, da sie sie zu schwer in tadelloser und doch billiger Weise herstellen lassen. Die Wohlfeilheit spielt aber bei der Ausstattung kleiner Stative immerhin eine Rolle. Zur Erreichung des erwähnten Zweckes hat man daher andere Auskunftsmittel gefunden und zahlreiche sehr sinnreiche Vorrichtungen erdacht, welche alle mehr oder weniger auf dem vereinfachten sogenannten „substage" der englischen Mikroskopstative beruhen, nämlich einem Untersatz unter dem Objecttische, welcher an einem Arm seitlich und in der Höhenlage verstellbar, geeignet ist, Blenden und sonstige Beleuchtungs- und Nebenapparate aufzunehmen. Carl Zeiss hat zuerst bei seinen grössten Stativen das „substage" eingeführt und wir werden es bei den grossen Stativen kennen lernen. Bei den kleineren Instrumenten haben sowohl Louis Merker, als auch Fritz Ebeling in Wien und auch Carl Reichert derartige „substages" in einfachster, billigster Form mit vielem Geschicke angebracht. Am Instrumente Fig. 24 sehen wir selbes bei *s* unter der Tischplatte. Es lässt sich leicht herunterziehen und ganz zur Seite klappen. In seiner einfachsten, schematischen Gestalt stellen wir es in Fig. 27 dar.

Man sieht in *t* den Objecttisch, in *l* dessen Oeffnung. Bei *s* ist in den Tisch der verticale Stab *m* eingeschraubt, über welchem sich die Messinghülse *h*, an welcher der Griffknopf *g* angebracht ist, leicht aber sicher auf- und abschieben lässt. Dass die Hülse nicht ganz hinuntergehe, verhindert die Scheibe *s*. Mit der Hülse *h* fest verbunden ist der aus geschwärztem Metalle gefertigte Arm *a*; dieser trägt an seinem anderen Ende den im Durchschnitte angestellten Ring *r*. In diesen nun werden durchbohrte Metallcylinder, die sogenannten „Cylinderblenden", wie *c* zeigt, eingesteckt. Damit die Oeffnungsmitte der Cylinderblende stets in die optische Achse falle, welchen Umstand man die Centrirung der Blenden nennt, ist am Tische bei *y* die Leitstange *n* eingeschraubt, welche in ein Loch *k* des Armes *a* genau passt. Da durch zwei Punkte eine gerade Linie mathematisch genau bestimmt ist, so leuchtet ein, dass sich nun die Blende *c* durch Heben und Senken der geschlitzten Hülse *h* in der optischen Achse des ganzen Instrumentes ebenfalls heben und senken und so dem Präparate, welches hier nicht abgebildet ist, ganz nahern und sehr entfernen lässt. Drückt man die Hülse *h* bis zur Schraube *s* hinunter, so kommt das Ende der Leitstange *n* aus dem Loche *k* des Armes heraus und dieser lässt sich nun drehen und zur Seite schlagen, was dazu dient, die Blendung ganz zu beseitigen oder etwa statt des Blendcylinders *c* einen mit grösserer oder kleinerer Oeffnung einzusetzen.

h

Fig. 28.

Und nun gehen wir weiter. Fig. 28 zeigt uns ein Stativ, wie solche die Firmen Carl Reichert, Merker und Ebeling in Wien und viele ausländische Firmen in grosser Vollkommenheit verfertigen. Die grobe Einstellung geschieht hier mittelst Tubusschiebung, die feine dagegen mittelst Mikrometerschraube am Rohre *r*, in welchem sich der Tubus verschieben lässt. Die Mikrometerschraube, deren Knopf man bei *m* sieht, drückt mit ihrer Spitze gegen den in einem verticalen Schlitze der Säule *k* auf- und abbeweglichen Hebel oder vielmehr Daumen *h* gegen den von innen der Säule her eine daselbst angebrachte Spiralfeder drückt. Das Rohr *r*, an dem der Daumen *h* fest angebracht ist, hängt aber in dem Gestänge *c c c c*. Wird nun

welche streng prismatisch ausgefeilt ist und auf das Prisma *p* passt; nur bei 4 und 5 ist etwas Raum gelassen. Bei 5 ist ein Stift, auf welchen die Ergänzungsplatte 4—5 aufgesteckt werden kann. Diese schleift dann auf der Fläche *n* des Prismas. Sie dient dazu, um einen leichten Gang der Prismaführung zu ermöglichen, indem sie verhindert, dass das Prisma auf allen drei Flächen vollständig schleift und sich reibt, da sie schmäler ist als die Fläche *n* und meist von polirtem Stahl oder Lagermetall gefertigt wird. Sie wird auch uneigentlich „Feder" genannt, obwohl sie nicht federn soll. Die Hülse, die den Ring *r* trägt, in dem der Tubus angebracht ist, hat oben bei 2 ein Loch, durch welches die Schraube 1 durchgeht, ohne zu streifen. Oben ist bei 2 eine Stahlfütterung aufgesetzt. Auf die Hülse drückt dann die Schraubenmutter *k*, indem sie auf die Schraube 1 mit der Mutteröffnung 6 aufgeschraubt wird, nachdem die Hülse *h* auf das Prisma aufgesteckt ist, so dass die Schraube 1 durch das Loch 2 hindurchgeht. Die Schraubenmutter *k* wird von Reichert, L. Merker, F. Ebeling in Wien und den meisten deutschen Firmen glockenförmig oder conisch hergestellt, damit der Schraubenknopf das Hineinsetzen von Staub in die feinen Windungen der Mikrometerschraube verhindere. Auch ist bei 6 in den messingenen Knopf die eigentliche

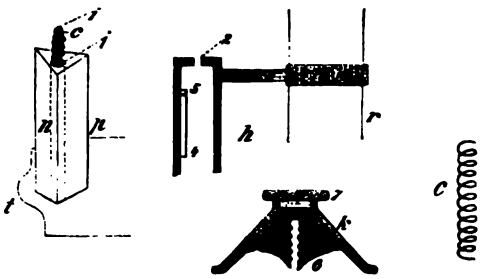


Fig. 30.

Schraubenmutter aus Stahl eingesetzt, bei 7 ist ein Deckelchen aufgeschraubt, welches abgenommen werden kann, sodass man die Vorrichtung ölen kann. Manche Firmen, z. B. Hartnack in Potsdam, bringen zwischen die Theile 6 und 2 ein Plättchen aus Elfenbein, wodurch ein sogenannter „weicherer" Gang, ein leichteres, gleichmässigeres Gehen der Mutterschraube erzielt wird. Es ist nämlich beim Mikroskopiren sehr lästig, wenn man beim Drehen ein Knirschen und Spiessen fühlt, welches, wenn anders das Prisma gut und passend gearbeitet ist, durch Staubtheile hervorgerufen wird, die zumeist aus Kiesel bestehend, sich zwischen die Stahltheile 6 und 2 setzen und die Politur dieser Theile beeinträchtigen, wodurch eine stärkere Reibung hervorgerufen wird und wobei sich die Kante der Stahlschraubenmutter bei 6, auch „Nuss" genannt, ebnet. Durch diese Vermehrung der Reibung entsteht leicht die Tendenz, dass die Mutter *k* beim Drehen die Hülse *h* etwas mitzunehmen sucht, was ja möglich ist, da man das Prisma in der Hülse nicht zu streng einpassen darf, damit nicht (ebenfalls durch Eindringen von Staub oder Nachlassen der Feder *c*) beim Zurückdrehen die Hülse auf dem Prisma stecken bleibt, so dass durch die Drehung des Schraubenknopfes kein Effect an der Einstellung erzielt wird, was man „todten Gang" der Mikrometerschraube nennt. Trägt nun das vorerwähnte „Mitnehmen" auch nur $^1/_{100}$ Millimeter aus, so ist begreiflich, dass bei einer 100maligen Vergrösserung das Bild sich um 1 Millimeter, bei 1000maliger aber gar um 10 Millimeter verschiebt und somit aus dem Gesichtsfelde mitunter ganz verschwindet.

In solchem Maasse stellt sich dieser Uebelstand freilich selten ein, aber bei älteren Stativen schwankt das Bild oft schon bei schwachen Vergrösse-

hülse *h* und den optischen Theil des Instrumentes zu übertragen. Viele andere Optiker dagegen haben die Spindel der Schraube *s* ausgehöhlt und einen um einige Zehntel-Millimeter kleineren in die Höhlung passenden an beiden Enden conisch zugespitzten Stahlstift, welcher mit Talg oder Vaselin eingefettet, durch die blosse Adhäsion des Fettes in der Höhlung beweglich festgehalten wird — derart in die Schraube *s* eingesetzt, dass das eine herausragende conisch gespitzte Ende gegen *y*, welches in diesem Falle in *l* unbeweglich befestigt sein kann und zur Aufnahme der Spitze eine stecknadelgrosse Höhlung (mit einem sogen. „Körner" eingeschlagen) trägt — drückt. Auch hier paralysirt der bewegliche Stift die Schwankungen der Schraube.

Fig. 32

Fig. 32 zeigt uns eine solche Mikrometerschraube im Durchschnitte, wie sie L. Merker, F. Ebeling und Andere an ihren besseren Stativen anbringen. Merker versieht übrigens auch die Roberval-Schraube seiner kleinen Mikroskope nach deutschländischem Vorbilde mit beweglichem Stifte, was den Gang der Roberval-Schraube leichter und exacter macht, da auch der im § 35 erwähnte „Daumen" der bogenförmigen Bewegung des Tubus folgt, die gegen den Daumen drückende Spitze der Mikrometerschraube bei jeder Umdrehung an einem andern Orte des Daumens, allerdings blos in einem Punkte, angreift und dadurch bei der gewöhnlichen Einrichtung, ohne beweglichen Stift, ein Schwanken des Bildes hervorgerufen werden könnte.

Grosse Stative.

§ 38. Die grossen Stative haben meist eine Tischgrösse von 10 000 Quadratmillimeter. Die Höhe beträgt circa 35 Centimeter bei mittlerem Tubusauszuge. Der Tisch ist meist drehbar um die optische Achse, indem der ganze Oberkörper des Instrumentes sammt Mikrometerschraube und Tubus sich auf einer unteren Tischplatte drehen lässt, oder der im letzteren Falle runde Tisch um einen hohlen, conischen Untersatz rotirt. Die erstere Einrichtung verdanken wir Oberhäuser und dessen Nachfolger Hartnack, letztere haben Professor Welcker (1856) und vor ihm Pacini zuerst angeregt (Welcker'scher Drehtisch), aber erst Carl Zeiss brach durch seine exacte Mechanik dieser für goniometrische und polarimetrische Untersuchungen und photographische Aufnahmen unter dem Mikroskope gleich vorzüglich geeigneten Einrichtung bei uns Bahn. Es leuchtet ein, dass, wenn der Spiegel schief gestellt ist und das Object auf dem Tische liegt, die schiefen Strahlen beim Drehen stets unter einem und

einen Griff verschiebt. Man hat Irisblenden, welche von einer Oeffnung ei Millimeters sich allmälig auf eine solche von 30 und mehr Millimetern weitern lassen: sie finden nicht nur in der Mikroskopie sondern auch in gewöhnlichen Photographie ausgedehnte Anwendung, sind jedoch nicht ger billig, was freilich durch ihre mühsame Montirung erklärlich erscheint.

Fig. 35 zeigt uns eine solche Die Blende besteht aus im Kreise fäch artig angeordneten sichelförmigen Plättchen aus Stahlblech, die mitt einer in dem Ringe, in dem sie gefasst sind, angebrachten Mechanik du Schieben des in der Fig 35 sichtbaren kleinen Griffes derart verstell sind, dass sie eine Oeffnung von 1 *mm* bis zu 32 *mm* freilassen, je nachd man den Griff schiebt Wie gesagt, ist diese Einrichtung bis nun meist an Substages und an den Beleuchtungs-Apparaten nach Abbe angebracht word C. Reichert in Wien und F. Ebeling in Wien gebührt aber das Verdie diese handsame, einen steten Uebergang der Lichtstärke ohne das last Blendenwechseln gestattende Einrichtung auch für directes Spiegellic bei uns schon Ende der Achziger-Jahre eingeführt zu haben, sodass s dieselbe sogar in die Hülse der Cylinderblendung einsetzen und somit a mit geringen Adaptirungs-Kosten an kleineren Stativen verwenden lässt De Construction ist eine von der vorbeschriebenen etwas abweichende. Fig stellt eine solche Irisblendung, welche sich in einer Hülse unter dem Obje tische verschieben lässt und dadurch überdies auch noch die Modification d Beleuchtung durch Höher- und Tieferstellen der Blende anzuwenden gestat dar, wie selbe Herr F. Ebeling an einem kleinen Stative angebracht h Dreht man an dem in der Figur sichtbaren stiftförmigen Griff, so kann m die Oeffnung erweitern oder verengern, je nachdem man mehr oder weng Licht braucht. Doch kehren wir wieder zu unserem Stative Fig. 33 zurück

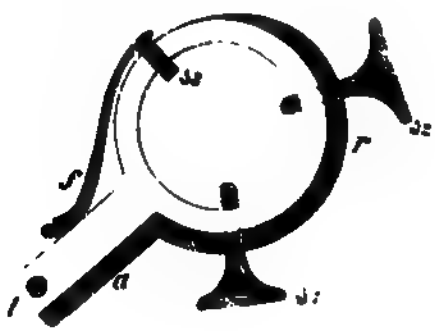


Fig. 34

Fig. 35.

An diesem Stative, welches [illegible] Musterstativ geworden ist, w das einstige grosse Hart[illegible] das wir hier übergeben, weil es w überholt ist durch neue, a[illegible] bedürfnissen insbesondere [illegible] Bacteriologie, entsprechen[illegible] vom Hartnack'schen Stative [illegible] Hufeisenfuss m[illegible] bemerken wir allerlei bisher [illegible] nicht besprochene Ein[illegible]

Da sehen wir [illegible] sammt Spiegel ebenso wie Tubus, kurz der ganze [illegible] Beleuchtungsapparat, um [illegible] Fusse angebracht [illegible] lässt, eine Einrichtung, wel

Robervalschrauben leiden unter diesem Uebelstande viel weniger als Prismaschrauben, doch wendet erstere nur Seibert in Berlin an grossen Stativen an. Andere Optiker versuchten an grossen Stativen Verbesserungen der Prismaschraube und fast jedes Jahr bringt solche Modificationen eines oder des anderen Mikroskoperzeugers. So brachte Merker an sehr grossen Stativen mit schweren Revolvern (über diese weiter unten) Frictionsrollen aus Stahl an, welche gegen das Prisma drückten und durch eine Schraube lockerer und fester gestellt werden konnten. Bei dieser Einrichtung kann das Prisma in die Hülse so strenge eingepasst werden, dass das sogenannte „Ueberhängen" vermieden wird. Das Plus an Reibung gleichen die beiden Frictionsrollen aus. Ich bin glücklicher Besitzer eines mit dieser Vorrichtung ausgestatteten grossen

Fig. 37 Fig. 38.

Statives von Merker, an welchem sowohl ein für 4 Objective berechneter Objectivrevolver (siehe unten § 431 Merkers, als ein dreifacher Ocularrevolver [illegible] Lobelings angebracht werden kann, ohne dass ein merkliches „Ueberhängen" sich beim Gange der im Uebrigen wie in Fig. 32 construirten Mikrometerschraube bemerkbar machen würde.

Diese Vorrichtung ist aber in der Herstellung recht theuer und deshalb [illegible] neuerer Zeit die Mikroskoperzeuger sich bemüht, relativ billigere und [illegible] liche Auskunftsmittel zu wählen. Carl Reichert in Wien hat aus [illegible] Erwägung, dass bei grossen Mikroskopen mit sehr schwerem Obertheile [illegible] Spiralfeder, welche den Obertheil in die Höhe zu heben hat, sein [illegible] und dann beim Niederschrauben einen schweren, oder wie der [illegible] lautet, „harten" Gang der Mikrometerbewegung und damit der [illegible] hervorbringt, ja die feinen Gänge der Mikrometerschraube [illegible] Druck verzehrt — abweichend von den bisherigen Con- [illegible] gesehen, nicht die Prismaführung mittelst Feder

mit der Verlängerung der Tubuslänge unter sonst gleichen Umständen die Vergrösserung wächst, und umgekehrt, so kann diese Einstellvorrichtung auch bei Messungen und Zeichnungen störend wirken. Wir unterlassen also eine eingehendere Schilderung und Abbildung dieser Art feiner Einstellvorrichtung, sowie überhaupt aller jener Arten, welche wohl mit den besten Intentionen versucht wurden, aber bei den modernen Mikroskopen zu keiner dauernden Verwendung gelangt sind.

Wir schliessen die Beschreibung der Stative mit dem Hinweise, dass jedes Semester, namentlich bei den theueren Stativen, neue Verbesserungen bringt und im Verlaufe dieser Darstellung noch eine oder die andere derselben an passender Stelle erörtert werden soll; insbesondere wollen wir nach Abhandlung der Beleuchtungs-Apparate und Bequemlichkeits-Einrichtungen einige moderne vollständige Mikroskope österreichischer und deutscher Firmen in Wort und Bild Revue passiren lassen; jetzt wäre dies verfrüht, da ohne Kenntnis erwähnter Nebenapparate das Verständniss der mit dem verschiedensten Zugehör abgebildeten Instrumente mangeln würde. Es wurden auch Stative für besondere Zwecke hergestellt, welche ebenfalls an geeigneter Stelle besprochen werden sollen als da sind: Mikroskopstative für Polarisationsuntersuchungen (Petrographische und mineralogische Instrumente), eigens für Photographie bestimmte Stative, solche für Fleischbeschau etc.

Die meisten dieser Stative lassen sich jedoch durch ein gutes, universelle Zwecke berücksichtigendes Mikroskopstativ mit den entsprechenden Nebenapparaten entbehrlich machen. Viele Optiker kündigen jetzt sogenannte „Bacterien-Mikroskope" an: diese sind nichts anderes, als mit geräumigen Tischen, einem Beleuchtungsapparat mit Condensor (von welchen Apparaten wir im Folgenden hören werden), einem oder zwei schwächeren und mittelstarken Trockenobjectiven, sowie endlich einer schwächeren, homogenen Immersion versehene, grosse oder mittlere Stative und müssen wir gleich hier erwähnen, dass jedes grössere Mikroskop heutzutage derart ausgestattet sein soll, dass es zu bacteriologischen Untersuchungen dienen kann, weil die mikroskopische Untersuchung auf den meisten Gebieten auf Mikroben stossen wird und es für den Mikroskopiker dann sehr unangenehm sein dürfte, wenn er bei einer, sei es ihm auch nur durch den Zufall aufgedrängten bacterioskopischen Untersuchung Hindernisse an seinem Instrumente fände.

Die Beleuchtungsapparate.

§ 41. Man theilt die mikroskopischen Beleuchtungsapparate zweckmässig in solche ein, A., welche der für die mikroskopische Beobachtung gewöhnlichen Beleuchtung mit durchfallendem Lichte dienen und B., welche eine Beleuchtung mit auffallendem Lichte gestatten.

A. Apparate für durchfallendes Licht.

Wir haben bereits den allgemeinen Beleuchtungsapparat, bestehend aus dem Hohl- und Planspiegel, bei den Stativen kennen gelernt. Frühzeitig kam man schon darauf, an Stelle des Hohlspiegels einen Planspiegel mit einer zwischen letzterem und der Tischöffnung des Statives angebrachten Sammellinse „Condensor" zu setzen. Später, als man starke Linsensysteme mit verhältnissmässig noch geringen Oeffnungswinkeln fertigte, welche viel Licht absorbirten, construirte man in der Weise Beleuchtungsapparate, dass man in die Vorrichtung zur Aufnahme von Blenden eine Linse einsetzte, die die Strahlen auf das Object stärker concentrirte, als es der Spiegel allein zu thun vermochte; ja man begann allmälig eigene, nach Art schwacher Systeme zusammengesetzte achromatische Condensoren zu construiren. Als dann die Systeme an Oeffnung zunahmen und dadurch an Lichtstärke gewannen, erach-

teten die meisten Mikroskopiker Deutschlands jede über den Hohlspiegel und die Cylinderblendung mit Schlitten hinausgehende Beleuchtungsvorrichtung für eine blosse Ueberladung des Instrumentes und nannten die Benutzung solcher Beleuchtungsapparate eine Künstelei, obgleich Dujardin einen namentlich in Frankreich und England verbreiteten, zweckmässigen achromatischen Beleuchtungsapparat construirt hatte, der im Wesentlichen aus einem achromatischen Linsensystem von grosser Oeffnung mit einer behufs Abblendung zwischen Spiegel und unterster Linse angebrachten Drehscheibe bestand. Das Ganze liess sich in die englischen Substage-Vorrichtungen leicht einsetzen und höher und tiefer stellen, wodurch man in die Lage gesetzt war, dem Objecte concentrirtes Licht, und zwar nach Wahl convergirende oder divergirende Strahlenbüschel zuzuführen. Für schiefes Licht construirte P. Harting einen ähnlichen, mit in Charnier allseitig verstellbarer planconvexer Beleuchtungslinse versehenen Condensor.

Später entdeckte Dr. Abbe die Eigenschaft von Linsen sehr kurzer Brennweite und grosser Oeffnung, die Contouren von Objecten, durch die man mit ihrer Hilfe convergirendes Licht in centraler Richtung von unten durchgehen liess, zu verwischen, dagegen deren Farben deutlich hervorzuheben. (Auslöschung des Structurbildes[1]), welche Professor Robert Koch in so genialer Weise zur Auffindung gefärbter Bacterien zu benützen verstanden hat.)

Dr. Abbe wies weiters nach, dass man solchen Linsen eine sehr grosse Apertur geben und dieselben zu den gewöhnlichen histologischen Zwecken nicht zu achromatisiren brauchte.

Man erzielte dann bei sehr hohen Aperturen eine vollständige Ausnützung der Randstrahlen, welche zwar der Schärfe des Bildes Eintrag that, jedoch gefärbte Zellkerne, namentlich aber gefärbte Bacterien scharf hervortreten liess. Schaltete man nun zwischen die halbkugelige Linse (ein gewöhnlicher Glasknopf kann schon davon einen Begriff geben) und dem Spiegel eine Blende ein, so konnte man es durch Auswahl der Blende oder Höher- und Tieferstellen der Linse soweit bringen, dass nicht nur die Farben noch immer deutlich hervortraten, sondern auch die Contouren wieder deutlicher wurden, als bei Anwendung des sogenannten „offenen", das heisst unabgeblendeten „Condensors" (weil er das Licht condensirt) erreichbar war.

Auf Grund dieser Erfahrungen construirte Dr. Abbe seinen zuerst von Zeiss in Jena ausgeführten, berühmten Abbe'schen Beleuchtungsapparat, dessen Schema wir in Fig. 39 darstellen.

In *l* sehen wir die oberste planconvexe, in den Mantel *m* gefasste Linse, deren plane Fläche mit dem Objecttische in eine Ebene fällt, darunter die sich fast berührenden biconvexen Linsen l_1 und l_2, die mit *l* ein System von hoher Apertur, z. B. 1·30, bilden. Ist *o-o'* der Tisch des Mikroskopes, so sehen wir in *p* das Präparat auf demselben liegen. Auf dieses werden die vom Spiegel in der Richtung des Pfeiles *f* geworfenen Strahlen unter hohem Oeffnungswinkel concentrirt.

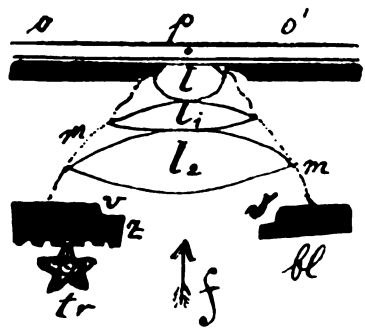


Fig. 39.

Zur Moderirung des Lichtes sehen wir bei *bl* einen aus einer mit einer ausgedrehten, zur Aufnahme der kreisrunden Blendscheiben dienenden Vertiefung *v* versehenen Blendenträger, der mittelst Zahn und Trieb *z* und *tr* in Schienen beweglich ist, so dass er excentrisch gestellt und

[1]) Diese Auslöschung tritt jedoch nur für innere Structuren ein. Feine Streifungen an der Oberfläche erscheinen dagegen deutlicher, als dies bei centraler Beleuchtung ohne Condensor der Fall wäre.

Fig. 4.

[illegible]

[illegible] Diapragmen [illegible] Überwiegen [illegible] Beleuchtung über [illegible] Übergang von [illegible] nämlich eine [illegible] weniger als Decke [illegible] Linsensystem [illegible]

[illegible] Bestehend [illegible] Beleuchtung [illegible] ungen Knopfes [illegible] gewöhnliches [illegible]

verstellbar. Dieser neue Reichert'sche Beleuchtungsapparat hat also zwei Irisblenden. Die über dem Condensor angebrachte dient nach Herunterklappen des Condensors zur Modification des gewöhnlichen Spiegellichtes, die unter dem Condensor befindliche dagegen zur Modification der Abbe'schen Beleuchtung. Arbeitet man mit der letzteren, so lässt man die obere Iris offen stehen. Die folgende Figur 45 zeigt uns ein mit dieser neuesten Beleuchtungsvorrichtung ausgestattetes grosses Stativ von C. Reichert in Wien.

Man sieht bei *B* das Substage mit dem Condensor (letzterer hier durch den Tisch verdeckt, jedoch daneben unten in Fig. 46 mit dem oberen Irisgehäuse separat abgebildet). *K* ist die Triebschraube, welche die Schiefstellung der unteren mit dem Knopfe *I* erweiterbaren Iris ermöglicht. Die ganze untere Iris lässt sich zur Seite klappen, worauf man dann den Condensor an dem Knopfe *k* herunterschlagen und die obere Iris mit Spiegellicht benützen kann. Die obere Iris erweitert der Knopfgriff *i* (Fig. 46).

Diese Einrichtung der Abbe'schen Beleuchtung stellt einen Triumph der Technik des modernen Mikroskopes dar; jedoch sind so complicirte und daher kostbare Einrichtungen meist entbehrlich, so sehr sie den Werth haben, Zeit zu sparen.

Für die meisten Zwecke reicht ein Beleuchtungsapparat hinlänglich aus, der sich in seiner einfachsten Form, wie Fig. 47 zeigt, ohne Blenden — in jedes Stativ mit Cylinderblendung einschieben lässt, wenn man den Blendcylinder herausnimmt. Derselbe besteht aus zwei Linsen und lässt sich während der Beobachtung wie die Cylinderblendung höher und tiefer stellen, wodurch man einen grösseren oder kleineren Beleuchtungskegel, stets aber centrale Beleuchtung erhält. Diese Vorrichtung ist zur Erzielung der Farbenhervorhebung ganz ausreichend, wird auf Wunsch mit einschiebbarer Centralblende (Sternblende) versehen und ist so billig, dass man sie auch zu den kleineren Mikroskopen stets mitbestellen sollte — umsomehr, als alle renommirten Firmen, so insbesondere Reichert, ferner Merker und Ebeling in Wien und fast alle ausländischen Optiker solche Apparate einfachster Construction in ihren Preiscouranten anführen.

Zeiss in Jena und fast alle hiesigen und deutschen Optiker fertigen solche einfache Beleuchtungsapparate auch mit Irisblende an, wodurch sie bis auf ihr Unvermögen, excentrische Beleuchtung zu erzielen, alle Vortheile der mittleren Abbe'schen Apparate bieten.

Bezüglich der Theorie des Abbe'schen Beleuchtungsapparates, muss ich auf die Beschreibung verweisen, welche der Erfinder Dr. Abbe in M. Schulze's „Archiv für mikroskopische Anatomie", IX. Band, Jahrg. 1873, gibt, und will ich mich auf nachstehende Regeln über den Gebrauch dieses Apparates beschränken:

1. Die nach oben gekehrte plane Fläche des Linsensystems soll nur um ein Weniges unter der Tischebene zurückstehen, sodass sie die untere Fläche des Objectträgers beinahe berührt, falls man mit stärkeren Objectiven arbeitet.

2. Für die Beobachtung mit durchfallendem Licht kommen die Blendungsscheiben mit centralen Oeffnungen in Anwendung, und zwar eine engere oder eine weitere Blendung, je nach der Brennweite des angewandten Objetivs, der Beschaffenheit des Präparates und der Intensität der verfügbaren Lichtquelle. — Im Allgemeinen ist stets die engste Blendung zu empfehlen, welche noch genügende Helligkeit gewährt. — Ganz ohne Diaphragma giebt der Condensor stets eine höchst ungünstige Beleuchtung.

Wer natürlich einen Condensor mit Irisblende besitzt, bedarf für die Beleuchtung mit durchfallendem Lichte in der Regel keiner Blendenwechslung, sondern bewirkt die Erweiterung oder Verengerung der Oeffnung der Irisblende durch Schieben an dem Knopfe der letzteren. Manche Optiker bringen an der

zum Auge zu gelangen. Nur jene Strahlen, welche durch die im Präparate befindlichen Körper durch Brechung oder Beugung derartig aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden, dass sie in das Objectiv gelangen, kommen ins Auge und die betreffenden Körper leuchten hell auf. Auch eine sonstige, sehr excentrische Beleuchtung des Präparates, z. B. ohne Condensor durch extreme Schiefstellung des Spiegels, bei dem Abbe'schen Beleuchtungsapparate durch Verschiebung der Blendscheibe (etwa mittelst des Blendenträgers in Fig. 40 oder durch Drehen am Knopfe *K* des grossen Abbe'schen Beleuchtungsapparates in Fig. 45) treibt durch das Präparat so viele extrem gerichtete Randstrahlen, dass bei Objectiven von nicht zu grosser numerischer Apertur oder künstlich durch Einlegen einer Blendscheibe in den Tubus über dem Objectiv in ihrer Apertur beschränkten Linsensystemen ein ähnlicher Effect, wie bei der Dunkelfeld-Beleuchtung mittelst Sternblende hervorgerufen wird, weil dann direct kein Licht in das Objectiv gelangen kann. Nimmt man als Object an sich farblose Körper, welche aus stark lichtbrechenden Substanzen bestehen, z. B. Kieselpanzer der Diatomeen, welche wir später als Probeobjecte kennen lernen werden, so zeigen sich bei der Dunkelfeld-Beleuchtung herrliche Spectralfarben, ein Beweis, dass die Strahlen, welche von den an sich farblosen Körpern in das Objectiv gelangen, eine Brechung und Beugung erlitten haben.

Früher war auf dem Continente und ist auch noch jetzt in Frankreich, besonders aber in England das sogenannte Wenham'sche Parabolloid in Gebrauch, eine innen spiegelnd polirte Metallröhre mit einem gläsernen Parabolloid (ein Körper, der durch Rotation einer Parabel um ihre Achse entsteht) dessen Scheitel etwas abgeflacht und mit einer geschwärzten Metallscheibe bedeckt ist. Hier werden durch die polirte Metallröhre die von dem gewöhnlichen Beleuchtungsspiegel kommenden Lichtstrahlen an die Peripherie des gläsernen Parabolloides geworfen und gehen schief auffallend durch das Object hindurch.

Die Wirkung ist eine ähnliche wie die eines Abbe'schen Condensors mit Centralblende (Sternblende), nur dass der Wenham'sche Apparat durch Reflexion wirkt, der Abbe'sche durch Refraction.

4. Beim Gebrauch des Beleuchtungsapparates ist der Regel nach der Planspiegel zu verwenden. Nur beim Beobachten mit ganz schwachen Objectiven, wo der Planspiegel öfters nicht das ganze Sehfeld gleichmässig zu beleuchten erlaubt, verwendet man den Hohlspiegel.

In jedem Falle braucht der Spiegel, nachdem er einmal auf volle Beleuchtung eingestellt ist, beim Wechseln der Diaphragmen nicht verändert zu werden.

5. Soll mit Lampenlicht beobachtet werden, so ist die Anwendung einer möglichst grossen Sammellinse oder einer mit Wasser gefüllten grossen Glaskugel zu empfehlen, um eine gleichförmige Beleuchtung des Sehfeldes zu erzielen, ohne die Lichtflamme allzu nahe an das Mikroskop heranrücken zu müssen. — Man bringt dabei die Linse oder die Glaskugel in solche Stellung zwischen Lampe und Mikroskop, dass ein Bild der Flamme auf dem Planspiegel entworfen wird. Uebrigens kann zur Noth auch der Hohlspiegel allein bei Lampenlicht mit dem Abbe'schen Condensor gute Dienste leisten, wofern die Lampe starkes Licht giebt und nicht zu weit von dem Mikroskope steht, also auch nicht etwa zu hoch ist.

6. Wenn es sich beim Gebrauch von Immersionslinsen um eine möglichst schiefe Beleuchtung oder wenn es sich um Dunkelfeldbeleuchtung unter starker Vergrösserung handelt, ist es vortheilhaft, einen Tropfen Wasser, respective Immersions-Oel auf die Planfläche der obersten Condensorlinse zu bringen, um den Zwischenraum zwischen ihr und der untern Fläche des Objectträgers durch

[illegible] der Linse zu bringen; die daselbst concentrirten Wärme-[illegible] das Präparat alsbald zerstören.

[illegible] Beleuchtungslinsen hat man früher auch eigenthümliche [illegible] Hohlspiegel verwendet; von letzteren macht Zeiss in der [illegible] Gebrauch, dass bei manchem seiner Stative der Beleuchtungs-[illegible] nach Art der Taschenzollstocke zusammenlegbaren Arm an-[illegible] aber den Objecttisch hinaufgebracht und zur Beleuchtung [illegible] verwendet werden kann.

[illegible] gestatten aber blos eine mässige Vergrösserung. [illegible] Grunden [illegible] wenig Licht liefern. Man be-

weissem Papier bedeckten Objecttische *t* liegt. Bei *n* ist der Tubus seitlich mit einer circa 1 *cm* im Durchmesser haltenden, durch einen hier nicht abgebildeten tabernakelartigen Schieber verschliessbaren Oeffnung versehen. Gegenüber dieser Oeffnung ist an einem dünnen, geschwärzten Drahte das Spiegelchen *s* angebracht, welches hier um Vieles grösser abgebildet wurde; es soll nicht grösser sein, als circa 4 *mm* im Durchmesser. Dieses plane Spiegelchen, welches den Gang der Strahlen nur wenig beeinträchtigt, empfängt durch die seitliche Oeffnung *n* das mittelst des Reflectors *r* und der Linse *L* sehr concentrirte Licht einer Gaslampe *g* (bei Tag eines gegen die Sonne gerichteten Planspiegels, sogenannten Heliostaten) oder einer anderen starken Lichtquelle und reflectirt es durch die Linsen des Objectives l, l_1 und l_2 auf das Object. Das Auge *o* nimmt nun, von dem Spiegelchen, welches kleiner als die Pupille des Auges ist, unbehindert, das vergrösserte, von oben beleuchtete Bild des Objectes deutlich wahr. Ein leichter Licht-Nebel bei Objectiven mit grösserem Oeffnungswinkel lässt sich durch Einschaltung passender Blenden zwischen Lichtquelle und den Spiegel *s* oder hinter das Objectiv beseitigen.

C. Reichert construirt einen ähnlichen jedoch sehr verbesserten Beleuchtungsapparat für Zwecke der Untersuchung der Structur von Metallflächen (zu technischen Zwecken) und fügt ihn zwischen Objectiv und Ocular in einem viereckigen Kasten ein.

Fig. 50 stellt den Apparat dar. Er ist nach Vergleich mit Fig. 49 leicht verständlich. Der Spiegel *P* besteht aus einer Glasplatte, welche unbelegt und unter 45° geneigt ist. Die Flamme *F* wird zweckmässig durch eine Auersche Glühlichtlampe ersetzt. Eine Irisblende *S* (vgl. § 38 Fig. 35) gestattet den Lichteintritt mittelst des Hebels *H* zu modificiren.

Reichert hat unter dem Namen „Metall-Mikroskop“ das vorgenannte Instrument neuerdings verbessert, indem die Linse *L* (Fig. 50) in den Tubus selbst verlegt und dadurch das Ganze compendiöser gestaltet wurde. Auch die Irisblende verlegte C. Reichert neuester Zeit unmittelbar hinter das Zwischenstück des Tubus, an welches die Objective angeschraubt werden.

Die Focuslänge der Linse, welche zwischen Objectiv und Spiegelplatte liegt, ist gleich der Summe der Entfernung der Linse zur Glasplatte und von dieser zum Objecte[1]). Die Idee dieser Art von Beleuchtung stammt nach Harting von Hewitt aus dem Jahre 1860, wurde von H. J. Smith in Ohio, Amerika, aufgegriffen und von Zeiss in seinem Vertical-Illuminator verwerthet, welcher an Stelle des Spiegels ein entsprechend geschliffenes total reflectirendes Prisma verwendet, doch fehlt diesen Apparaten die Modification der Beleuchtung durch Linse und Blendung, welche C. Reichert seinem Metallmikroskop beigiebt und erhält man mit letzterem erfahrungsgemäss nebelfreiere Bilder als mit Zeiss' Vertical-Illuminator.

An diese Arten von Beleuchtungsapparaten könnten vom Standpunkte der Systematik auch jene angeschlossen werden, welche dem Objecte polarisirtes oder auf spectroskopischem Wege monochromatisch gemachtes Licht zusenden; da jedoch diese besonderen Zwecken, welche an dieser Stelle noch nicht erörtert werden können, dienen, so wollen wir sie an anderer Stelle, weiter unten, besprechen.

Wir haben nun in kurzen Zügen die Beleuchtungsapparate, scilicet die optischen, am Mikroskope selbst angebrachten oder ihm zugehörigen geschildert. Von den Beleuchtungsapparaten im gewöhnlichen Sinne, das heisst von den Beleuchtungsbehelfen als da sind: Heliostaten, Lampen und dergleichen werden wir, um Wiederholungen zu vermeiden, erst bei Besprechung der Einrichtung des Mikroskopir-Zimmers handeln. Nur das eine wollen wir gleich hier sagen, dass für die meisten Zwecke bei Tag das Licht eines auf ein

[1]) Zeitschrift für Nahrungsmittel-Untersuchung, Hygiene und Waarenkunde, Jahrg., 1897 Nr. 22, Seite 374.

[illegible] Haus oder den wolkenbedeckten Himmel gehenden Fensters, bei Nacht oder an sehr trüben Tagen der Schein einer guten Petroleum- oder Gaslampe mit gleichmässig matter, enganschliessender Lampenkugel vollständig genügen.

Und nun wollen wir einige mehr zur Bequemlichkeit dienende, als unbedingt nothwendige Neben- und Hilfsapparate des Mikroskopikers betrachten.

Bequemlichkeits-Einrichtungen am Mikroskope.

§ 43. [illegible] Figur 45 [illegible] diesem Buche genau betrachten, [illegible] unbekannt oder doch nicht in dieser [illegible]

[illegible] dass [illegible] im § 38 besprochene [illegible] Lage fixiren lässt, was für manche [illegible]

[illegible] zwei auf ein- [illegible] Revolver-Einrichtung [illegible] an den [illegible] nachfolgenden Betrachtung [illegible]

[illegible] was [illegible] grossen [illegible]

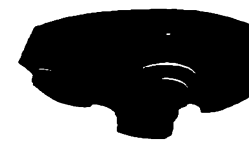


Fig. [illegible]

[illegible]

Beispiele. Man hat die Systeme 3, 6, 9 am Revolver: [illegible] von 17·5 mm, 6 eine solche von 4·2 und [illegible] Differenzen dadurch ausgleichen, [illegible] am System 6 ein Zwischenstück [illegible] von 4·2 — 1·85 [illegible] Zwischenstück [illegible] zwischen 3 [illegible] erzielt.

[illegible] 3 auf [illegible]

Man wendet nach Fuos' Vorgang, dann zum bequemeren Wechseln der Objective ausser dem Zeiss'schen Schlitten auch den sogen. Zangen-Objectivwechsler an.

Fig. 53 zeigt einen solchen, auch mit dem Namen „Objectivklammer" bezeichneten Hilfsapparat von Ludwig Merker in Wien. Er besteht im Wesen aus einer federnden Zange, deren eine Wange das Normalgewinde oder die society-screw (Vgl. § 19) trägt und an den Tubus angeschraubt wird, während die zweite Wange der Zange, wie aus der Figur hervorgeht, das mit einem tellerförmigen Zwischenstück versehene Objectiv bei einem Drucke aufnimmt und an die zweite, am Tubus angeschraubte Wange concentrisch zum Tubus andrückt. Das Wechseln der Objective erfolgt also hier durch Einlegen der einzelnen Objectivsysteme in die durch Druck geöffnete Zange.

Es können auch am Zeiss'schen Schlitten und am Zangen-Objectivwechsler Objective verwendet werden, welche mit Zwischenstücken versehen sind, um die Brennweiten-Unterschiede für die Einstellung auszugleichen, wie wir solche beim Revolver-Objectivwechsler kennen gelernt haben.

Fig. 53.

Fig. 54.

Einen Ocularrevolver haben englische Firmen schon vor Jahren construirt. Neuerdings hat Ed. Messter an seinem grossen Universal-Bacterien-Mikroskop einen solchen, weiter oben in Fig. 38 bei *OR* ersichtlich, angebracht, dessen Construction sich aus der Figur ergiebt. Ebeling in Wien verbesserte diesen Ocularrevolver, indem er die plane Scheibe Messter's durch objectiv-revolverartige, halbkugelförmige Scheiben ersetzte, wodurch die nicht gerade benützten, am Ocularrevolver steckenden Oculare den Beschauer weniger geniren, als wenn sie in einer Ebene stehen. Auch ein Ocularrevolver erhöht ausserordentlich die Raschheit des Arbeitens, spart also Zeit und macht das ganze Instrument compendiöser.

§ 44. Eine andere Bequemlichkeits-Vorrichtung ist der bewegliche Objecttisch, d. h. ein Objecttisch, der gestattet, das Object — statt mit der blossen Hand — mit einer mechanischen Vorrichtung, d. h. Schrauben oder Zahn und Trieb, unter dem Objective durch das Gesichtsfeld zu bewegen. Solche Objecttische waren namentlich in England schon seit Jahrzehnten üblich. In Deutschland war man jedoch nicht besonders geneigt, dies kostspielige Hilfsmittel anzuwenden. Plössl in Wien und Merz in München haben Mitte dieses Jahrhunderts begonnen, ihre grossen Stative mit in zwei aufeinander senkrechten Richtungen beweglichen Objecttischen zu versehen, seither hat man zu diesem Behufe mancherlei Vorrichtungen erdacht, angewendet und als überflüssig wieder verworfen, bis es neuerdings zuerst Zeiss in Jena gelang, einen Objecttisch zu construiren, bei dem das Präparatglas (Objectträger)

unmittelbar auf der Tischplatte) in zwei rechtwinklig zu einander stehenden Richtungen verschiebbar und um die optische Achse des Instrumentes drehbar [illegible] solche Vorrichtungen, die namentlich beim Aufsuchen von tadellosen Stellen an Präparaten, behufs deren Photographie, sehr bequem sind — verfertigen in Wien Herr Carl Reichert sowie Herr Ebeling und auch L. Merker in grosser Vollkommenheit und richten ihre neueren grossen Stative eigens für eine solche Tischbewegung ein, welche für photographische Zwecke sehr empfehlenswerth ist. Für die meisten nichtphotographischen Zwecke reicht aber die gewöhnliche Objecttischdrehung (vgl. § 38) sammt Obertheil vollkommen aus und es bedarf zur grösseren Bequemlichkeit blos einer rechtwinkligen Verschiebung.

Es entstehen Wege ähnlich der in Fig. 34 abgebildete, bewegliche [illegible] Objecttisch [illegible] Verschiebung in zwei aufeinander senkrechten Richtungen [illegible] an [illegible] und mittleren Stativen an[illegible] [illegible] schon vorgenommt, einen gar [illegible] der Schraube *r* mit der [illegible] des Objectt'sches ver[illegible] dann gleich [illegible] Mikroskop[illegible] ist in der [illegible] bezeichnet. Die [illegible] verständigen die [illegible] vermittelst [illegible] Schraube *r* versetzt [illegible]

[illegible] § 34 beschrieben und in Fig. 38 abgebildet haben) gestattet. [illegible] für Zwecke der Winkelmessung, ferner um überhaupt [illegible] Präparates um die optische Achse controlliren zu können, mit [illegible] versehen und diese Platte dreht man nach Wunsch blos [illegible] Graduirung, welche an ihrer Peripherie angebracht ist, wie man [illegible] sehen kann.

[illegible] Knöpfe *c* und *d* gestatten die in zwei aufeinander senkrecht stehenden [illegible] durchführbare Verschiebung des mittelst der doppelt *T*-förmig [illegible] Klammern fixirten Präparates und die Scalen *a* und *b* gestatten [illegible] die Grösse der Verschiebung abzulesen, sondern auch bestimmte [illegible] Präparate wieder aufzusuchen, indem man sich den Stand der [illegible] Scalen notirt, wenn die betreffende Stelle gerade unter dem Objectiv [illegible] des Gesichtsfeldes sich befindet und falls man diese Stelle wieder [illegible] will, einfach die Knöpfe *c* und *d* solange verschiebt, bis die Scalen [illegible] wieder den früheren Stand zeigen.

Deshalb nennt man so eingerichtete Objecttische auch „Finder".

Die ganze Vorrichtung zum Wiederfinden beruht auf dem Principe, dass durch zwei Coordinaten [2]) jeder Punkt in der Ebene genau orientirt erscheint

Fig. 58 Fig. 59.

§ 45. Auf demselben Principe beruhen andere, billigere Vorrichtungen zur Erleichterung des Wiederfindens einmal besichtigter interessanter Stellen in ausgedehnteren Präparaten. Man nennt sie Indicatoren. Der einfachste besteht aus einem Kreuze, welches diagonal auf dem Objecttische gezogen und mit Zeichen, zum Beispiele *H* und *O* bezeichnet ist. Legt man das Präparatglas darauf und notirt entweder mit einem Schreibdiamanten oder einer Glasätztinte die Stellen am Rande des Objectträgers, an welchen die Diagonale *H* und *O* erscheint, wenn das wiederaufzusuchende Object im Gesichtsfelde ist, so braucht man nachstesmal nur den Objectträger wieder so zu legen, dass die bezeichneten Marken am Präparatglas mit dem Diagonalkreuze zusammenfallen, um leicht die gesuchte Stelle im Präparate wiederzufinden (Fig. 59).

Eine andere Art Indicator besteht aus zwei senkrecht aufeinander auf [illegible] tische eingravirten Millimeter-Theilungen von 80 und 60 *mm* Länge. [illegible] Anwendung zum Wiederaufsuchen bemerkenswerther Präparatstellen [illegible] von selbst.

Eine andere derartige, bei Reichert in Wien erhältliche Vorrichtung [illegible] das leichte Wiederauffinden eines Objectes dadurch, dass, wenn das Object im Gesichtsfelde erscheint, das Objectiv mit einer eigenthümlichen Vorrichtung vertauscht wird, durch deren Drehung die wiederzufindende Stelle durch einen mit einer Diamantspitze am Deckglas sich verzeichnenden Kreis, in deren Mitte diese Stelle liegt, bezeichnet und dann weit leichter aufgefunden werden kann.

[1]) Diese Indicatoren können durch Lüften der Schraube f entfernt werden, wenn man Schalen, Uhrgläser und dergleichen auf den Objecttisch bringen will.

[2]) Eine „Ordinate" und eine auf dieselbe senkrechte „Abscisse".

Diese Vorrichtung besteht aus einer Objectivsystemfassung (ohne Linsen), an welcher statt der Frontlinse ein gleich einem äusserst kleinen Cirkel um die optische Achse in kleinstem Kreise herumzuführender Diamant angebracht ist. Stellt man unter einem starken Objectiv die zu bezeichnende Stelle im Präparate in der Mitte des Gesichtsfeldes ein, schraubt dann an Stelle desselben die Markirvorrichtung an und lässt dieselbe rotiren, so wird der Diamant auf dem Deckglase, welches natürlich unverrückbar (durch Lack oder Kitt etc., wie wir später hören werden) mit dem Objectträger verbunden sein muss — einen kleinen Kreis beschreiben, innerhalb welchen Kreises dann die gesuchte Stelle liegt und lässt sich dieselbe dann leicht durch Verschieben des Präparates, bis man die Diamantritzer des Kreises wieder findet, ein andermal aufsuchen. Aehnliche Apparate, bei welchen die Markirung mit Stempelfarbe, Tinte und dergleichen geschieht, sind minder empfehlenswerth, da sie bei Reinigung des Präparatglases leicht weggewischt werden können. Koltzoff in Moskau und Ivanoff in Petersburg empfehlen, wie in der Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikrosk., 1898, XV., S. 3 zu lesen ist, das Fixiren einer bestimmten Stellung des Präparates durch Messung des Abstandes von zwei Kanten des Objectträgers, wobei die linke und die hintere Kante zu wählen sind, weil diese bei den verstellbaren Tischen die unbeweglichen Ränder des Rahmens berühren. Ich finde diese Methode zu umständlich und bei geschickter Handhabung eines verstellbaren Tisches überflüssig, gehe daher auf dieselbe nicht ein.

§ 46. Um anderen Personen im Gesichtsfelde eine bestimmte bemerkenswerthe Präparatstelle zu zeigen, dazu dient ein in das Ocular einlegbarer und feststellbarer Ring mit Nadelspitze. Man sieht das Object und darüber die Spitze, und verschiebt das Object so lange, bis die bemerkenswerthe Stelle scheinbar an die Nadelspitze ansteht, so dass diese, wie ein Zeiger, auf die merkwürdige Stelle hinweist. Nun ruft man die andere Person herbei und lässt sie mit dem Bemerken in's Mikroskop blicken, dass die Spitze der Nadel auf die gemeinte Stelle hinweist. Fig. 60 zeigt einen solchen Ring *r* mit der Spitze *s*.

Dass man sich einen solchen Ring mit Nadelspitze aus Kork, Pappe und dgl. mit Hilfe einer Nähnadel leicht selbst herstellen kann, leuchtet ein. Gut ist es, wenn man die ganze Ringvorrichtung an einer Terpentinölflamme berusst, nachdem man selbe vorher mit Asphaltlack bestrichen hat, damit sie eine mattschwarze Färbung erhält.

Fig. 60.

Wir haben hiemit die Besprechung der wichtigsten Bequemlichkeits-Vorrichtungen am Mikroskope beendet und erwähnen hier nur nochmals, dass wir, um Wiederholungen zu vermeiden, die Messinstrumente im Abschnitte „Messen", die Spectroskope und Polarisationsapparate in dem Abschnitte „Optische Analysen unter dem Mikroskope" behandeln und dass wir nunmehr im nächsten Abschnitte von Prüfung und Kauf eines Mikroskopes sprechen werden, welcher Abschnitt mit Rücksicht auf die vielfache Concurrenz für Anfänger sehr wichtig ist.

Wir bemerken gleich, dass wir in diesem Abschnitte in vollkommen unparteiischer Weise die Erzeugnisse der renommirtesten Firmen des In- und Auslandes, soweit solche uns aus eigener Wahrnehmung bekannt sind, besprechen, dabei aber besonders die österreichischen Mikroskoperzeuger, welche Vortreffliches zu billigen Preisen liefern, berücksichtigen und schliesslich einige Mikroskope deutscher und österreichischer Firmen in Wort und Bild Revue passiren lassen werden, wie wir versprochen haben.

Auswahl und Prüfung eines Mikroskopes.

§ 4. Der Verfasser dieses Leitfadens wird es niemals vergessen, welches [illegible] bereitete, als er einst in einer Landkrämerei in Mähren [illegible] beobachten konnte, welcher sich eine Preise kaufte. Welche [illegible] Sorgen gewann er diesem einfachen Rathschlagsmittel ab, [illegible] wendete er die ihm zur Auswahl vorgelegten Stücke, wie [illegible] Hirn-, Pflanzen- und Chemikalienpräparate zu sehen, [illegible] zu kaufen! Die genaue Kenntniß [illegible] Mikroskopes imponirte mir [illegible] Handler-Fähigkeiten erhielten sich [illegible] Wenn erfahrungsreiche Kenner [illegible] Handlungsgeister ein schlechtes [illegible] wie sehr muss dann erst der [illegible] Theil [illegible] Mikroskopform [illegible] Anwendung zu unterwerfen!

[illegible] Mikroskop [illegible] Auge [illegible] Vor [illegible]

[illegible] Theiles [illegible] das Ober- [illegible] des [illegible]

[illegible] Wasser [illegible]

[illegible] Instrument [illegible]

schaffe ich mir an. Unter mehreren gleichen Instrumenten das bessere, sowohl was den mechanischen als was den optischen Theil anbelangt, auszusuchen, ist dann Sache der Auswahl im engeren Sinne des Wortes also der Prüfung der Stative sammt Nebenapparaten, sowie der Objective.

Was die Frage der Auswahl bezüglich der Firmen anbelangt, so ist man heute in Oesterreich nicht mehr auf das Ausland angewiesen, wie einst, es gibt in Wien, aber auch nur in Wien einige ganz vorzügliche Mikroskopverfertiger, dennoch kommen noch viele deutsche Mikroskope nach Oesterreich, da das Renommé der, seitdem die weltberühmte Pariser Firma Hartnack im Jahre 1871 nach Potsdam bei Berlin übersiedelte und insbesondere seitdem der grosse Optiker Zeiss in Jena im Verein mit den Glasfabrikanten Schott & Genossen in Jena die genialen Ideen des Dr. Abbe ausführte, als Meister im Mikroskopmachen auf der ganzen civilisirten Erde geltenden Deutschen durch die zumeist in Deutschland verlegten Werke über das Mikroskop über Bacteriologie und dgl. auch in unserer Monarchie überwiegend wurde. Obgleich nun wissenschaftliche Instrumente zollfrei sein sollten, werden dieselben von unserer Zollbehörde, sobald sie nicht an öffentliche Anstalten adressirt sind, als Instrumente schlechthin classificirt und ein ziemlich hoher Zoll eingehoben.

Ich habe einst durch einen Bekannten aus Paris von dem renommirten Schüler Hartnack's, Herrn Verick, ein recht gutes kleineres Instrument bezogen, war aber nicht wenig überrascht, an Zoll und Spesen 6 fl. 50 kr. bezahlen zu müssen, wobei allerdings das politirte Mahagoni-Etui als Holzwaare und der bei Verick übliche seidenüberzogene Polster im Deckel des Holzkastens als „feine Seidenwaare“ verzollt werden musste!

Trotz dieses hohen Zolles ist jedoch die Mikroskopindustrie in Oesterreich ausserhalb Wiens fast gleich null und zwar, weil es trotz der Zollschranken die deutsche Concurrenz bisher verhindert hat, dass in Oesterreich-Ungarn sich wie in Deutschland, auch in der Provinz tüchtige Mikroskop-Verfertiger niedergelassen haben. Nicht einmal in den Universitätsstädten Prag, Graz, Innsbruck und Czernowitz ja auch nicht in dem so sehr aufstrebenden Budapest existiren selbständige Mikroskop-Erzeuger und ist man also diesfalls nicht nur in Cisleithanien, sondern auch in Transleithanien auf Wien angewiesen, will anders man die Mikroskope nicht aus dem Auslande beziehen.

In Wien gab es schon im Jahre 1830 eine weltberühmte Werkstätte: es war jene des Simon Plössl, aus welcher Mikroskope hervorgingen, die für die damalige Zeit einen grossen Fortschritt darstellten. Hatte man doch trotz aller Fortschritte in der Achromasie noch in vielen Gelehrtenkreisen damals eine Abneigung gegen das zusammengesetzte Mikroskop und gebrauchte mit Vorliebe stark vergrössernde Stativ-Loupen!

Später schloss sich die Firma Simon Plössl & Cie. in Wien leider nicht sofort den Fortschritten an, die in Bezug auf Construction handlicher, nicht zu hoher Stative und stärkerer, gut auflösender Systeme aus Paris von Hartnack ausgiengen und durch die bekannte Handelsfirma Lenoir & Forster, welche damals Generalvertreterin Hartnack's war, in Oesterreich raschen Eingang fanden.

Die mit den Hartnack'schen Objectivsystemen nach Oesterreich gelangten Probeobjecte, namentlich das von dem bekannten Präparator Bourgogne in Paris zuerst in Massen in die Welt verbreitete Probeobject „Pleurosigma angulatum“, eine in der Nordsee und Ostsee lebende Schiffchenalge, deren Kieselpanzer bei schiefer Beleuchtung eine feine Streifung, bei stärkerer Vergrösserung eine deutliche Schraffirung und bei stärkster sechseckige Felder zeigt, wenn man sie durch ein gut auflösendes System betrachtet

— liessen sich von den damaligen Plössl'schen Objectiven, so vortrefflich dieselben auch in Bezug auf Begrenzungsvermögen sein mochten — nicht auflösen, während mehr oder weniger jedes stärkere Hartnack'sche System schon damals diese Aufgabe bewältigte.

So kam es, dass die Firma Hartnack in Paris alsbald in Oesterreich und dem Oriente, welcher damals noch in Handelsfragen an Frankreich und Oesterreich sich anhielt — eine dominirende Bedeutung erlangte und noch lange erhielt, nachdem schon die Firma S. Plössl & Co. in andere Hände übergegangen war. Dieser Uebergang erfolgte nach dem in Ausübung seiner Kunst erfolgten Tode des berühmten S. Plössl und Herr Wagner,[1]) k. k. Hofoptiker, welcher in den Besitz der Plössl'schen Anstalt gelangte, hat sich den Bedürfnissen der neueren Mikroskopie in allen Stücken alsbald angepasst. Ich selbst habe bei ihm eine Wasserimmersion versucht, welche das Prädicat „ausgezeichnet" verdient. Auch die Stative dieser Firma sind zweckentsprechend und die kleineren recht wohlfeil, die grossen mit einer eigenthümlichen Hebelvorrichtung an Stelle von Zahn und Trieb behufs grober Einstellung versehen. Freilich ist Herr Wagner weniger ein Specialist in gewöhnlichen Mikroskopen gewesen, sondern fertigte hauptsächlich Projectionsapparate nach Art jener an, wie solche der Wiener Professor der Pathologie Stricker zur objectiven Darstellung histologischer Präparate und physiologischer sowie insbesondere pathologischer Vorgänge vor einem grossen Auditorium verwendet hat. (Elektrische Episkope und Projections-Mikroskope). Auch Herr Jirasko jun. in Wien (Margarethenstrasse) leistete, wenn er auch, so wenig wie Herr Franz Wagner, den Schwerpunkt seiner Thätigkeit in die Erzeugung von Mikroskopen verlegte, recht Anerkennenswerthes in der Herstellung mittlerer und kleiner Mikroskope; die Jirasko'sche Werkstätte gehört zu den ältesten optischen Ateliers in Wien!

Ebenfalls eine ältere Firma, welche früher Mikroskope fertigte, ist die Firma Carl Fritsch (vormals Prokesch) VI., Gumpendorferstrasse 31; diese befasst sich aber nicht mit dem Machen von Mikroskopen, sondern fertigt hauptsächlich Fernrohre; wohl aber sind in dem Etablissement eines Verwandten der obigen Firma, beim k. k. Hof- und Universitäts-Optiker Franz Fritsch, vis-à-vis dem Krankenhause in der Alserstrasse, recht gute Mikroskope zu haben und zwar auch solche grösster Gattung, welche Herr Franz Fritsch von guter Hand herstellen lässt.

Alle vorgenannten Firmen sind derzeit in den Händen geborener Wiener, also echter Oesterreicher und mit echt österreichischer Gemüthlichkeit liessen sie es geschehen, dass seit 1870 die meisten Instrumente öffentlicher Untersuchungsanstalten und Universitätsinstitute vom Auslande her und zwar meist von Hartnack bezogen wurden, ohne den Versuch zu machen, dieser allerdings nicht zu verachtenden Concurrenz durch Einsatz aller Kräfte in einer Zeit, in welcher die Trichinen- und Bacterienfurcht gerade die Mikroskopfabrication zu einem lucrativen Erwerbszweige machen musste, die Spitze zu bieten. Deshalb ist auch heute noch die Zahl der in unserem Vaterlande und in Ungarn bei Instituten und Privaten in Gebrauch stehenden Hartnack'schen Mikroskope Legion! Alle damals ihre Studien in Wien vollendenden Mediciner, Botaniker und Zoologen nahmen eben aus den Universitätsinstituten, wo sie keine anderen Mikroskope zu Gesicht bekamen, als Hartnack'sche, das Vorurtheil in ihre practische Thätigkeit mit sich, dass es eben nur Hartnack'sche Mikroskope seien, welche zu wissenschaftlichen Arbeiten taugen.

Mittlerweile waren in Deutschland neben Hartnack in Potsdam nicht nur ältere strebsame Firmen, wie Merz (Frauenhofer's Nachfolger) in München.

[1]) Herr Wagner ist seither auch verstorben, die Firma besteht jedoch weiter fort.

Schieck in Berlin u. a. eifrigst bemüht, aus dem durch Hartnacks Berühmtheit nunmehr nach Deutschland, sowie früher nach Frankreich und England gravitirenden Zuge der Mikroskopkäufer Nutzen zu ziehen, indem sie trachteten, Mikroskope herzustellen, welche den Hartnack'schen ebenbürtig waren, sondern es etablirten sich neue Firmen, wie Carl Zeiss in Jena, der damals, wo sie blos kleinere Mikroskope verfertigte, noch nicht anzusehen war, welche Rolle sie in der mikroskopischen Technik zu spielen berufen sein werde, wie Seibert und Krafft in Wetzlar, welche Firma zuerst neue, dem Fortschritte der modernen Metallindustrie angepasste Arbeitsmethoden einführte und dadurch eine Verbilligung der Erzeugnisse bei gleich vorzüglicher Qualität ermöglichte, ferner wie Leitz (ebenfalls in Wetzlar) und Winkel in Göttingen, welche starke und stärkste Objectivsysteme von vorzüglichster Leistung zu civilen Preisen auf den Markt brachten.

Auch dieser wachsenden Concurrenz gegenüber zeigten sich die eingeborenen Wiener Mikroskopverfertiger phlegmatisch und wer damals in Wien rasch ein Mikroskop haben wollte, welches dem Fortschritte der Naturwissenschaften entsprach, musste zu der schon oben erwähnten, das Hartnacksche Haus vertretenden Handlung naturwissenschaftlicher Behelfe Lenoir & Forster gehen. Auch die Weltausstellung im Jahre 1873 änderte an diesem Verhältnisse nichts, im Gegentheil, die berühmten medicinischen Capacitäten der Wiener Klinik lernten das Uebergewicht des Auslandes gegenüber dem Inlande auf diesem Gebiete noch mehr kennen. Oppolzer z. B. arbeitete mit einem englischen Instrumente! Verklungen war der Ruhm Plössl's und die ofenröhrenartigen, ungeschickt hohen Stative dieser Firma wurden bald nur mehr aus Pietät von einigen älteren Academikern benützt. Im Jahre 1878, also volle fünf Jahre nach der Weltausstellung, kam der blutjunge Schwiegersohn des Herrn Leitz in Wetzlar, Herr Carl Reichert nach Wien und mit seiner Etablirung begann ein Aufschwung in der Wiener Mikroskoperzeugung, wie man ihn bei Betrachtung der damaligen Verhältnisse nicht für wahrscheinlich gehalten haben würde.

Schon im ersten Jahre seiner Etablirung, 1878, erhielt Reichert, der sich gleich seinem Schwiegervater Leitz in Wetzlar in Form und Leistung frühzeitig an die damals erste Firma Hartnack angeschlossen hatte, auf der Weltausstellung in Paris die goldene Medaille.

Seither ist Carl Reichert (VIII. Bennogasse 26) stets dem Fortschritte treu geblieben und hat sich neuerdings dadurch, dass er die Zeiss'schen Errungenschaften, namentlich die Apochromasie, benützte — ein grosses Verdienst um die österreichischen Mikroskopiker erworben. Man erhält bei Reichert complete, in ihrer Art mustergiltige Instrumente von 27 fl. bis 2000 fl. ö. W.

Wir werden auf diese grösste Mikroskopfirma des Ostens überhaupt im Verlaufe unserer Darstellung oft zurückkommen.

Nicht nur dass C. Reichert's Erfolge die schon bestehenden älteren Wiener optischen Institute anspornten, sich den Bedürfnissen der neueren Mikroskopie anzupassen, veranlassten sie, dass einige der von Herrn C. Reichert aus dem deutschen Reiche herangezogenen tüchtigen Arbeiter sich selbstständig etablirten. Es waren dies Herr Ludwig Merker, Fritz Ebeling und Zuberbühler. Während sich der Letztgenannte, welcher sich im Ultzmann'schen Palais in der nächsten Nähe der neuen Universität und der Kliniken etablirt hatte, aus finanziellen Gründen nicht zu halten vermochte, begründeten L. Merker und F. Ebeling die Firma Merker & Ebeling, um sich jedoch alsbald wieder zu trennen.

[illegible] Hernalsergürtel Nr. 2, während **Merker** sich in der Innenstadt, Buchfeldgasse Nr. 19 eine eigene Werkstätte gründete.

Nicht nur dass diese Firmen namentlich die Bedürfnisse der mit nicht [illegible] Geldmitteln ausgerüsteten Privatpersonen und Institute in [illegible] Masse berücksichtigen, sind dieselben ausserdem bestrebt, die [illegible] der Optik in naturbringender und dabei möglichst wohl-[illegible]

[illegible] Leben über die letztgenannten, im wahren Sinne [illegible] Wiener Etablissements, nur hinzufügen, dass wir deren [illegible] und selten etwas

[illegible] **Merker** und auch [illegible] erste Aus- [illegible] dass sich in Wien [illegible] dessen [illegible] Nr. [illegible] [illegible]

[illegible] stellt in einem leider mehr übersichtlichen, als eleganten Cliché [illegible] Nr. 1a von F. Ebeling in Wien vor, ein grosses Stativ, bei welchem [illegible] Hauptmotiv, welcher zu den Traditionen

Was der Constructeur mit dem Instrumente erreichen wollte, drückt dessen Preisliste mit folgenden Worten aus:

„Dieses neue gesetzlich geschützte Universal-Bacterien Mikroskop sichert auch dem weniger geübten Mikroskopiker ein leichtes und sicheres Auffinden von Bacterien und anderen Objecten. Durch eigenartige vortheilhafte Construction dieses Instruments fällt das zeitraubende Wechseln der Oculare und Objective, das mühevolle Einstellen für die verschiedenen Vergrösserungen mittelst der groben Einstellung und der Mikrometerschraube, sowie das schwierige Aufsuchen feinster Objecte (Mikrokokken, Bacillen etc.), bei starken Vergrösserungen gänzlich fort, und ist somit auch der weniger Geübte im Stande, mit diesem neuesten Bacterien-Mikroskop (G. M. No. 1045) Untersuchungen nicht nur schneller, sondern auch genauer und bequemer zu machen, als mit allen anderen Instrumenten. Es kann daher dieses Mikroskop den Herren, welche auf mikroskopische Untersuchungen nicht zuviel Zeit verwenden können und besonders den Herren Aerzten und Apothekern nicht warm genug empfohlen werden; denn zum Stellen von Diagnosen bei Harn- und Sputum-Untersuchungen und für sämmtliche wissenschaftliche Untersuchungen gibt es kein handlicheres Instrument wie dieses. Dasselbe ist mit einem Ocular- und einem Objectiv-Revolver versehen, an welchem die Objective so genau justirt sind, dass das Bild für alle neun Vergrösserungen stets eingestellt ist. Die verbesserte centrale Mikrometer-Schraube sichert eine ganz genaue Einstellung und gestattet der unter der Mikrometerschraube angebrachte Hebel ein Heben und Senken des Tubus, ohne die Einstellung zu verändern, was beim Unterlegen von Präparaten mit dicken Lackringen, sowie beim Drehen des Objectiv-Revolvers von nicht unwesentlichem Vortheile ist."

Fig. 6[illegible]

Wir gehen nun zu den sogen. mittleren Stativen über.

Wegen ihres kleineren Gewichtes bequemer transportabel und billiger im Preise, sind sie weit mehr verbreitet als die grossen Instrumente und sind die eigentlichen Arbeitsmikroskope der Naturforscher und Aerzte. Man hat [illegible] mit Zahn und Trieb, Revolver etc. versehen, um sie [illegible] für weitaus die meisten Untersuchungen die grossen Instrumente [illegible] Fig. 29 (oben) zeigt uns den Typus eines mittleren Instrumentes.

und excentrisch gestellten, *b* der schiefgestellten erweiterten und *c* der schon [illegible] erweiterten schiefgestellten Irisblende der grösseren Condensoren.

Ein solches, für practische Aerzte, Thierärzte und Apotheker mehr als ausreichendes Instrument kostet ohne Revolver, Objective und Oculare 70 fl. ö. W.

[illegible]

Ein besonders compendiöses, eigens zu Excursionszwecken bestimmtes Reisemikroskop, welches mit 2 Objectiven und 2 Ocularen nach Umdrehung des Tisches in ein elegantes Lederetui sich einlegen lässt, fertigt C. Reichert in Wien. Fig. 70 stellt es in halb natürlicher Grösse dar. Es kostet mit 2 Ocularen und einem schwachen
und einem starken Trockensysteme
. Mit Zahn und Trieb
0 fl., mit Iriscondensor
ehr. Es ist für Militär-
ärzte, Botaniker und
welche in die Lage
mikroskopische Unter-
auf der Reise vorzu-
sserst empfehlenswerth.
ienester Zeit von
ert verfertigtes
croskop mit einem
artigen Fuss, wel-
sehr kleinen Raum ein-
n ich des allzukleinen
gen nicht so brauchbar
das eben beschriebene.
meisten Firmen im
Reiche fertigen
mittlere und
likroskope eben-
und würde eine Ab-
d Besprechung noch
olcher Instrumente die
den. Nach dem Vor-
wird jeder, der dieses
gelesen hat, in der
die Preiscourante zu
nd sich aus denselben
im Allgemeinen zu
blos nach Preiscourant
kaufen, ohne ein In-
strument der betreff.
Firma probirt zu haben,
rathen wir am wenigsten
dem Anfänger.

§ 49. Wir sollten durch diesen Rath auf die sogen. engere Auswahl zu sprechen kommen, nachdem wir durch die Revue einiger Instrumente den Leser befähigt zu haben glauben, sich ein Instrument, welches seinen Bedürfnissen und seiner Cassa entspricht, im Allgemeinen zu wählen, d. h. sich etwa aus einem Preiscourante oder mehreren Preiscouranten darüber zu orientiren, welche Instrumentgrösse für seine Zwecke passt und seinen Geld-

Fig. 69.

mitteln angemessen ist. Wir haben aber bisher bei der Revue die Objective und Oculare sowie andere Nebenapparate gar nicht und insbesondere nicht hinsichtlich des Kostenpunktes berücksichtigt, müssen dies also jetzt nachholen. Hier wirft sich von selbst die Frage auf, ob man bei beschränkteren Mitteln am Stative oder an der optischen Ausstattung sparen soll. Da nun die modernen Stative zuverlässiger Firmen auch in ihren kleineren Modellen

Fig. 70.

zur Aufnahme der stärksten Objective geeignet sind, insbesondere, insoferne sie mit einer gutgehenden Mikrometerschraube und einem Condensorsystem versehen sind, so wird man allerdings bei beschränkteren Mitteln gut thun, lieber ein etwas minder kostspieliges Stativ zu wählen, als ein sehr theueres, um an demselben etwa mit schwächeren Objectiven, welche billiger sind, das bewältigen zu wollen, was eben nur stärkere Objective befriedigend zu lösen im Stande sind. Zur Untersuchung auf Trichinen dagegen wird man mit wenigen und schwachen Objectiven auskommen, dafür aber eines Stativs mit einem beweglichen Objecttisch nicht leicht entrathen können, wenn man sehr viele solche Untersuchungen zu machen hat, und wir werden später bei der Be-

sprechung der Methoden der mikroskopischen Fleischbeschau einige billige und doch für diesen besonderen Zweck in vorzüglicher Weise ausgestattete Instrumente kennen lernen; besonders wird z. B. der **Apotheker** arg fehlen, wenn er sich ein blos für die Bedürfnisse der Droguenuntersuchung ausreichendes Mikroskop, welches mit dem stärksten Objective und Oculare eine circa 100 malige Vergrösserung gewährt, anschafft. Er wird namentlich, wenn er in der Untersuchung mit dem Mikroskope noch nicht sehr geübt ist, den Mangel eines Objectives, welches mit dem mittleren Oculare oder falls blos zwei beigegeben sind, mit dem stärkeren der beiden eine brauchbare Vergrösserung von 600—700 mal ergibt, vermissen. Allerdings, wenn man ein gutes Stativ besitzt, kann man sich schliesslich Objective nachkaufen, während man, falls man sich ein allzuklenes, mit mangelhafter Einstellungsvorrichtung versehenes Stativ kauft, bei Nachschaffung starker Objective alsbald sieht, dass man [illegible] dem allzuklenen Stativ (wie solche ohne Tubusauszug mit Mikrometerbewegung am Tische und mit nicht seitlich verstellbarem Spiegel sowie [illegible] Blendvorrichtung oft genug als „**Apotheker-Mikroskope**" [illegible] werden) nicht voll ausnützen kann und dann erst ein neues vollkommenes Stativ anschaffen, also mit dem Mikroskopkaufen von Neuem beginnen muss.

Wenn man es also irgend wie thun, so wählt man sich ein mittleres Stativ und [illegible] es falls zu mehr die Mittel momentan nicht ausreichen, [illegible] Ocularen und einem schwachen, einem mittelstarken und einem [illegible] System aus. Später kann man dann eine homogene Immersion [illegible] wenn es nicht und auch für den Anfänger [illegible]

[illegible] ein gutes Stativ mit Beleuchtungs[illegible] welchem man sich Objective je nach Bedarf [illegible] nachkaufen kann. Als ein vollkommenes Stativ [illegible] und besten Objective wegen [illegible] Beleuchtungseinrichtung nicht zu vielen Aus[illegible]

[illegible] Anfänger [illegible] es sich bei der B[illegible] [illegible] Instrumente nicht [illegible] Anfänger [illegible] [illegible] Mikroskop, was [illegible] Stativ [illegible] Mikro[illegible] [illegible] Instrumente mit mangel[illegible] [illegible] — Als [illegible] [illegible] Mikroskope [illegible] wenn er es [illegible] [illegible] und anderen [illegible] anderen

in Betracht kommenden modernen Instrumenten mit Ausnahme der kleinsten der Fall — einen Auszug, so muss auch dieser „zügig" gehen. Schwerer oder ungleichmässiger Gang der groben Einstellung zeugt stets von ungenauer Arbeit oder von schlechter Repassirung der Stative.

Der Tubus selbst muss unten mit einem solchen Gewinde versehen sein — sei dieses nun das Hartnack'sche oder Society screw, dass sich die Objectivsysteme leicht anschrauben lassen, aber dabei ohne Wackeln gut und fest sitzen, das heisst, dass der Rand der Objectivsysteme am Rande des Zwischenstückgewindes genau anliegt. Dabei muss — wenn der Tubus vertical steht — die untere Fläche der Frontlinse genau horizontal und parallel mit der Objecttischebene stehen.

Die feine Einstellung muss recht weich gehen und keinen todten Gang zeigen. Die einschlägigen Einrichtungen haben wir früher behandelt und wollen dieselben oben (bei Beschreibung der Stative) nachgelesen werden.

Sehr wichtig ist der jetzt zu besprechende Punkt: Die genaue Centrirung aller Theile des Statives.

Was Centrirung ist, wissen wir ja bereits aus den früheren Darlegungen. Bemerken müssen wir hier, dass bei der Prüfung der Centrirung des mechanischen Theiles darauf zu sehen ist, dass auch die beweglichen Theile in jeder Lage möglichst centrirt stehen bleiben, d. h. dass deren Bewegungslinie stets mit der sogenannten optischen Achse zusammenfalle.

Selbst Stative aus den besten Werkstätten lassen in dieser Hinsicht mitunter etwas zu wünschen übrig, da ja alles Menschliche unvollkommen ist; grössere Abweichungen dürfen aber bei guten Stativen nie und nimmer vorkommen, da sie sonst das Instrument — mag der optische Theil noch so gut sein — unbrauchbar machen.

Wie prüft man nun die vollkommene Centrirung des Statives?

Man ersucht den Verkäufer um ein Ocular mit Fadenkreuz, oder mit einem auf einer Glasplatte, die im Ocular eingelegt ist, eingeritzten +, wobei natürlich der Mittelpunkt des im Mikroskop gesehenen Kreises (Gesichtsfeld) mit dem Mittelpunkte resp. Kreuzungspunkte beider aufeinander senkrechten Geraden zusammenfallen muss. Solche Oculare sind in jeder grösseren Werkstätte vorräthig. Dieses Ocular steckt man, nachdem man das zu prüfende Stativ gegen das Licht gekehrt und vorher ein Objectivsystem grösserer Brennweite (etwa von 20 40 *mm*) angeschraubt hat, auf den Tubus an und bringt nun in den Blendeapparat die kleinste Blende oder stellt bei Irisblende die kleinste Oeffnung ein. Dann sucht man, indem man durch das Ocular hineinblickt und den Spiegel mit der rechten Hand hin- und herwendet, Licht, d. h. man sucht die Blendöffnung vergrössert und als weissen Kreis auf schwarzen Grund wahrzunehmen. Dass man dabei zuerst die grobe Einstellung anwendet und dann mit der Mikrometerschraube so lange fein einstellt, bis die Ränder der weiss erleuchtet erscheinenden Blendung sich scharf begrenzt darstellen, liegt in der Natur der Sache. Achtet man nun auf das Fadenkreuz, so muss, wenn anders das Stativ gut centrirt ist, der Kreuzungspunkt der Linien des sogenannten Fadenkreuzes (weil es früher meist aus 2 Spinnfäden verfertigt wurde, während man heutzutage es meist durch in eine Glasplatte eingeritzte feine Linien bildet), mit dem Mittelpunkt der lichten Blendöffnung zusammenfallen. Je genauer dies der Fall ist, desto besser centrirt ist das Stativ. Gut ist es, wenn man nicht nur die kleinste Blendöffnung, sondern auch noch zwei grössere zur Probe benützt.

Sollte zufällig ein Ocular mit Fadenkreuz nicht zur Hand sein, so muss man sich freilich auf sein Augenmaass verlassen, indem man dann beurtheilen muss, ob der Mittelpunkt des Gesichtsfeldes mit dem Mittelpunkte der lichten

[illegible] zusammenhält. Als Anhaltspunkt mag dabei dienen, dass der [illegible] vom der schwarzen Rand der hellen Blendöffnung bildet, mit [illegible] der Gewer des Gesichtsfeldes bildet, genau parallel verlaufen. [illegible] Nun [illegible] sich erscheinen. Hat man ein grösseres Stativ [illegible] wendet die Bewegungen auf irgend eine der oben bei Be- [illegible] geschilderten Art und Weise über und nieder zu [illegible] man die Blendenöffnung in die Höhe und Tiefe [illegible] Nachdem man [illegible] gehen und einen Einstellung [illegible] bis man die [illegible] Einstellung gefunden hat. Auch hier muss der [illegible] die Mitte der hellen Blendöffnung möglichst [illegible] bis zu Kontrolle [illegible] Zwang des Oberkörpers [illegible] während der Beobachtung der [illegible] Tisch um die Achse. [illegible] Einstellung [illegible] Einstellung des mikrometrischen [illegible] Bewegung des Objektes bildet möglichst [illegible] mathematisch genaues [illegible] Bewegung [illegible] Auch steht die [illegible] Stativ Fig. 63 [illegible] Tisch [illegible] am Tisch [illegible] Stativ [illegible] Schraube [illegible] Schraube [illegible] Stativ [illegible]

Untersuchungen genügten und welche jedenfalls besser waren, als so manche mit grossem Reclameaufwand anempfohlene Systeme „ersten Ranges“ einiger ausländischer Firmen, welche schon ihren mittelstarken Objectiven eine sehr grosse Apertur geben, mit welcher dann die Correction der Aberrationen nicht gleichen Schritt hält, sodass das Abbildungsvermögen dennoch ein sehr unvollkommenes bleibt.

Man sieht daraus, dass es noch andere Kriterien für die Leistungsfähigkeit der Objective geben muss, als deren Apertur, welch letztere übrigens mit dem sogenannten Zeiss'schen Apertometer von Dr. Abbe, einer halbkreisförmigen, mit Bezifferung versehenen Glasplatte direct gemessen werden kann,[1]) worauf wir aber hier in einem Leitfaden nicht eingehen können, umsoweniger, als das Aperturbestimmen mit diesem Instrumente jedem Käufer eines solchen auseinandergesetzt zu werden pflegt.

Die directe Prüfung des Abbildungsvermögens durch Probeobjecte ist für den Anfänger, wie ich mich zu überzeugen Gelegenheit hatte, viel leichter, weil erstens der Verkäufer des Mikroskopes hiezu selbst gerne die Anleitung gibt und zweitens diese Prüfung ohne Kosten geschehen kann, da jedem Mikroskope bei allen renommirten Firmen einige Probeobjecte gratis beigegeben zu werden pflegen, während ein Apertometer in seiner billigsten Ausführung 60 Mark kostet.

Wer jedoch sich der Mühe unterziehen und ohne Hilfsmittel den Oeffnungswinkel (vgl. §§ 14 und 28) eines Objectivsystems nachmessen will, der kann dies nach der Methode des berühmten Mikroskopikers Amici auf folgende Weise thun:

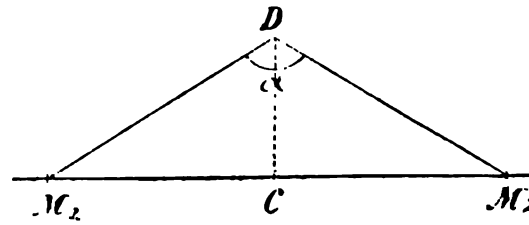


Fig. 71.

Auf den Tisch, auf welchem das Mikroskop steht, legt man einen Bogen blaues Papier, auf welches man einen recht langen Strich mit dem Lineale zieht. Das Mikroskop stellt man nach Beseitigung des Beleuchtungsspiegels derart auf diesen Strich, dass wenn man durch den Tubus ohne Objectiv und Blende hindurchschaut, man den Strich durch die Mitte der Objecttischöffnung von rechts nach links verlaufen sieht.

Das zu messende Objectivsystem wird jetzt an den Tubus angeschraubt, ein Deckgläschen, auf welches man mit Tinte etwa ein Kreuz zeichnet, über die Objecttischöffnung gelegt und nun auf die Zeichnung auf dem Deckglase nach Einbringung eines Oculares scharf eingestellt. Dann nimmt man das Ocular weg und legt einen Streifen weisses Papier quer über den Strich in die Nähe des Mikroskopfusses. Blickt man jetzt bei guter Beleuchtung ohne Ocular durch den Tubus in das zu messende Objectiv, so bemerkt man, dass der weisse Papierstreifen darin zu sehen ist und zwar verkleinert in dem kleinen Kreise der Objectivöffnung. Man verschiebt nun den Streifen so lange, bis er eben am Rande des kleinen Gesichtsfeldes verschwindet und bezeichnet die Lage der verschwindenden Kante des weissen Streifens auf dem Striche durch eine Marke (Bleistiftpunkt), dann legt man den weissen Streifen auf die andere Seite des Mikroskopfusses und verfährt ebenso, wie

[1]) Zeiss selbst beschreibt den Apparat wie folgt: „Apertometer nach Abbe, zur Bestimmung der numerischen Apertur und des Oeffnungswinkels der Objective (Journal of the R. Micr. Soc. Jahrg. 1878, p. 19.) — Dicke halbkreisförmige Flintglasscheibe von 90 Millimeter Durchmesser mit angeschliffenem Reflexionsprisma, welches horizontal einfallendes Licht in die Achse des Mikroskops leitet, zum Auflegen auf den Tisch des Mikroskops. Das zu untersuchende Objectiv wird auf eine Centrum-Marke auf der Oberfläche der Scheibe eingestellt. Die Grenzen der Oeffnung werden durch verschiebbare Indices auf der Peripherie der Scheibe markirt; zur Beobachtung dient dabei ein besonderes Hilfsobjectiv, welches an das Auszugrohr des Tubus angeschraubt und mit diesem auf das Bild der Indices eingestellt wird. Die Ablesung erfolgt durch zwei Theilungen auf der Glasscheibe, von welchen die eine den Oeffnungswinkel für Luft, die andere direct die numerische Apertur anzeigt. An jedem grösseren Stativ mit ausziehbarem Tubus zu benutzen.

gessen, dass man auch Oculare kaufen muss. Zu den gewöhnlichen Achromatsystemen genügen wohl 2 oder 3 Huygens'sche Oculare, zu den Apochromaten soll man aber stets — will anders man sie ganz ausnützen, mindestens 3 Compensationsoculare kaufen.

Für alle technischen Untersuchungen von Waaren, ferner die meisten Untersuchungen diagnostischer Natur am Krankenbette genügen Trockensysteme.

Kann und will man nur zwei Systeme kaufen, so kauft man hiezu zweckmässiger Weise auch blos zwei Oculare; man wählt dann ein schwaches und ein stärkeres Trockensystem z. B. 3 und 7 Merker oder Ebeling, oder 3 und 8 Reichert, oder 4 und 7 Hartnack, oder 3 und 7 Paul Wächter oder *A* und *E* Zeiss u. dgl. und ein starkes und ein schwächeres Ocular. Unzweckmässig ist es aber, ein sehr schwaches und ein sehr starkes System z. B. 1 und 9 (Reichert) zu wählen.

Bei drei Systemen wählt man zweckmässig ein schwaches, ein mittleres und ein starkes System, z. B. Reichert 1, 5, 8, Merker oder Ebeling 2, 6, 9, Hartnack 4, 7 und 8, kurz stets ein System von circa 20 bis herab zu 10 *mm.* Brennweite, ein solches von 3 bis herab zu 3 *mm* und endlich ein solches von 3—2 *mm* Brennweite.

Zu solchen Zusammenstellungen wählt man dann zweckmässig drei Oculare, z. B. Merker oder Ebeling 2, 3, 5, Reichert 2, 3, 5 oder Hartnack 2, 3, 4 u. s. w.

Man erhält dann 9 verschiedene (bei einer bestimmten Tubuslänge von 160 *mm*) sich stets gleichbleibende Vergrösserungen, von denen die eine sich an die andere anschliesst. So gibt z. B. Reichert's System 1 mit Ocular 2 eine 25malige mit Ocular 3 eine 30malige, mit Ocular 5 eine 55malige lineare Vergrösserung. System 5 gibt mit Ocular 2 eine 145malige, mit Ocular 3 eine 170malige, mit Ocular 5 eine 280malige, System 8 mit Ocular 2 eine 450malige, mit Ocular 3 eine 500malige, mit Ocular 5 eine 780malige Vergrösserung. Stellen wir diese Zahlen nach ihrer Grösse hintereinander, so erhalten wir folgende Reihe:

25
30
55
145
170
280
450
500
780

Statt nun die ganze Reihe anzuführen, pflegen die Verkäufer einfach zu sagen oder zu schreiben: Merker's Stativ so und so, mit dem oder jenen Beleuchtungsapparate, mit drei Systemen 1, 5, 8 und drei Ocularen 2, 3, 5 Vergrösserungen 25 bis 780.

Manche lassen gar die Nummern der Systeme aus, namentlich bei kleinen Instrumenten und schreiben z. B. „Kleines Hufeisenstativ mit einem schwachen und starken Systeme und zwei Ocularen, Vergrösserungen von 25—700".

Bei der [illegible] Angabe muss man vorsichtig sein, wenn das Instrument einen ausziehbaren Tubus besitzt, [illegible] manche auswärtige Firmen die stärkste Vergrösserung [illegible] ausgezogenen Tubus zu rechnen; diese Vergrösserung ist [illegible] wünschenswerth, namentlich [illegible] das Deckglas [illegible] passend dick ist, da die Objective meist für die normale Deckglasdicke [illegible] mittleren Tubuslänge (vgl. oben § 22)

von 160 *mm* adjustiert sind.[1]) Ist der Tubusauszug eingeschoben, so wird das Bild kleiner und schärfer; namentlich bei etwas zu dickem Deckglase; bei ausgezogenem Tubus dagegen grösser, aber weniger scharf, überhaupt merke man sich die bei Beschreibung des optischen Theiles oben ausgesprochene Regel, dass die Vergrösserungszahl eines Mikroskopes nebensächlich ist, im Vergleiche zur Deutlichkeit und Schärfe des Bildes und lasse sich von hohen Zahlen nicht imponiren.

§ **52**. Um die Schärfe und Deutlichkeit des Bildes leicht beurtheilen zu können, brachte man schon Ende vorigen Jahrhunderts die sogenannten Probeobjecte auf, das sind Präparate organischen Ursprunges, welche gewisse, sehr kleine Einzelheiten, als da sind: Strichelchen in geringen Distanzen, Punkte von äusserst subtiler Beschaffenheit u. dgl. an sich hatten, die nur bei deutlich zeigenden, also ein gutes Auflösungsvermögen besitzenden Objectivsystemen sichtbar wurden. Anfangs nahm man als solche Probeobjecte meist die Schuppen auf den Flügeln der Schmetterlinge und Motten, später als man immer höhere Anforderungen an die Objectivsysteme stellte, kamen, theils künstliche Probeobjecte — wie z. B. die später zu besprechenden Nobert'schen Probeplatten, theils die Kieselpanzer von im Schlamme lebenden mikroskopisch kleinen Algen, der sogenannten Diatomeen in Gebrauch und sind es die letzteren auch noch heute. Der Unterschied gegen Einst und Jetzt liegt aber in Folgendem:

Einst gab es nur wenige berühmte Firmen, von denen aber einige sich dem, namentlich aus England und Italien, sowie insbesondere aus der Werkstätte des bis zum Jahre 1870 in Paris domicilirenden Hartnack ausgehenden Fortschritte nicht rasch genug anschlossen, sodass sie nur wenig Systeme lieferten, die den in der wissenschaftlichen Welt schon damals wach werdenden grösseren Ansprüchen an Auflösungsvermögen gerecht wurden. — Heute ist eine Firma einfach ganz unhaltbar, wenn selbe nicht wenigstens mittelstarke Systeme von 0·30 bis 0·70 numerischer Apertur liefert; an starke Systeme aber werden gar Anforderungen gestellt, die die Apertur von 1 erreichen, ja übersteigen! Und die meisten derjenigen Firmen Mitteleuropas, welche Mikroskope für wissenschaftliche Zwecke selbst verfertigen, also nicht blos damit handeln, wagen gar kein Product aus der Hand zu geben, welches nicht die im Preiscourant verzeichnete Apertur, respective Oeffnungswinkel auch wirklich besitzen; jene Systeme mittlerer Stärke aber, welche die vorhin angegebenen Aperturen besitzen, lösen die für sie bestimmten Probeobjecte sicher auf; nur bei den für die Auflösung bestimmten sehr starken Systemen schwankt oft die Deutlichkeit, mit der sie die betreffenden Einzelnheiten zeigen, merklich und pflegt dann auch die Apertur, wie z. B. im Preiscourante[2]) Reichert's auf Seite 10 bei Nummer 10 und folgenden, blos approximativ, z. B. „1·10—1·20“, angegeben zu sein. Bei der Auswahl der starken und stärksten Systeme spielt also jedenfalls die Probe des Auflösungsvermögens eine grössere Rolle als bei den mittelstarken Systemen, obgleich sie auch bei diesen wichtig genug ist. Die schwachen Systeme dagegen prüft man hauptsächlich darauf, dass sie ein recht ebenes, von Aberrationen freies und scharfes Bild geben; eine grössere Apertur kommt erst bei den Systemen von 10 Millimetern Brennweite abwärts in Betracht.

---

[1]) Carl Zeiss sagt in seinem Cataloge über diesen Punkt Folgendes: „Tubuslänge. Die sämmtlichen in diesem Catalog verzeichneten Objective sind auf die übliche Tubuslänge der continentalen Stative (150—170 mm) justirt. Die Objective a, aa, A, B, C, D können jedoch ohne wesentliche Einbusse auch an Stativen englischen Modells mit 10zölligem Tubus benutzt werden. Dasselbe gilt für F und die stärkeren Immersionslinien von J an, indem bei diesem die Abweichung entweder im Spielraum der Deckglascorrection liegt oder, bei fester Fassung, nur in einer geringen Verminderung der erforderlichen Deckglasdicke zur Geltung kommt. Die Trockenobjective AA, BB, CC, DD, E, G, H, dagegen, sowie die Objective für homogene Immersion geben in ihrer gewöhnlichen Justirung an Stativen englischer Form mehr oder minder mangelhafte Wirkung, in Folge der starken Verschiebung der sphärischen Correction, welche der veränderte Bildabstand herbeiführt.“ Aehnlich ist es bei anderen Firmen.

[2]) V. J. 1896 (Nr. 19).

Dass man sich unter den an einer solchen Quelle erhältlichen Objectiven diejenigen aussuchen wird, die die relativ reinsten und deutlichsten Bilder erzeugen, versteht sich von selbst.

Zu diesem Zwecke muss man eben die Objective prüfen. Nachdem wir oben eine Anleitung gegeben haben, wie man die Stative auf ihr Centrirungsvermögen prüft, werden wir im Folgenden darzustellen trachten, wie man den optischen Theil, d. h. Objective und die mit ihnen verbundenen Oculare direct, durch Betrachtung gewisser auf ihre Leistungsfähigkeit natürlicher Objecte prüft. Die quantitative Prüfung erfolgt mit den Nobert'schen Platten[1]) also künstlichen Objecten, die qualitative, mittelst der bereits oft erwähnten Probeobjecte, welche der organischen Natur entnommen werden.

So wie man bei der chemischen qualitativen Prüfung einer Substanz mitunter deren Gehalt an verschiedenen Elementen approximativ abschätzen kann, so kann man mit der qualitativen Leistungsbeurtheilung des optischen Vermögens der Mikroskope eine Schätzung des optischen Vermögens in Zahlen verbinden, da man die durchschnittlichen Grössenverhältnisse und Abstände in den als Probeobjecten benützten organischen Körpern durch Messung (von dieser wird weiter unten gehandelt werden) leicht kennen lernen kann. Auch gibt es Tabellen, welche auf Grund der Durchschnittsergebnisse vieler und mit aller Sorgfalt ausgeführter Messungen solcher Probeobjecte die nöthigen Daten enthalten.

§ 53. Bevor man jedoch zu der directen Prüfung des optischen Theiles schreitet, betrachtet man zunächst die Ocularlinsen und dann auch die Objectivlinsen, soweit sie ohne das System zu zerlegen, zugänglich sind, ob dieselben keine Striche oder Schlieren, Ritzen und dergleichen äusserlich aufweisen. Dazu kann man sich zweckmässig einer Lupe bedienen. Auch ist es gut, die stärkeren Oculare mit der Collectivlinse an das Auge anzuhalten und dann eine Nadelspitze oder dergleichen, die man vor dem Ocularglase näher und weiter rückt, bis man dieselbe am deutlichsten sieht, durch das zu prüfende Ocular zu betrachten. Ein gutes stärkeres Ocular muss in dieser Lage wie eine gute Doppel-Lupe wirken und muss daher die Nadelspitze vergrössert, aber möglichst wenig verzerrt erscheinen. Hat man das Ocular oder vielmehr die Oculare des Mikroskopes auf diese Art probirt, so schraubt man an den Tubus das schwächste der zu prüfenden Systeme an, entfernt alle Blenden, respective gibt bei Drehscheibenblenden der Scheibe jene Lage, bei welcher die grösste Blendöffnung unter die Lichtöffnung der Tischplatte zu stehen kommt und stellt nun das Mikroskop auf drei Fuss von einem nicht von der Sonne beschienenen Fenster oder in eben solche Distanz von einer hellbrennenden, mit gleichmässig matt geschliffener Glaskugel versehenen Petroleum- oder Gasglühlichtlampe auf. Während man nun durch das Objectiv, welches man mittelst der groben Einstellung auf die beiläufige Brennweitendistanz[2]) vom Objecttische einstellt, schaut, schiebt man den Spiegel so lange hin und her, bis man das kreisrunde Gesichtsfeld möglichst hell und gleichmässig erleuchtet sieht und dabei der Spiegelarm senkrecht auf der Objecttischebene steht. Man nennt eine solche Beleuchtung eine centrische, im Gegensatze zur excentrischen oder schiefen. Nun achtet

[1]) Die Nobert'schen Probeplatten heissen so nach ihrem Verfertiger Nobert, Optiker zuerst in Greifswald dann in Barth (Pommern), welcher mittelst einer feinen Theilmaschine in eine Glasplatte mehrere Gruppen von Linien (Strichen), welche in bestimmten Abständen von einander sind — einritzte, sodass bei jeder folgenden Gruppe die Linien etwas dichter beisammen stehen, als bei der vorhergehenden und daher schwerer zur Abbildung gelangen. So enthielt die erste Gruppe einer aus 30 Gruppen bestehenden Platte 7 Linien, welche von einander 0·002256 mm entfernt waren; die 10. Gruppe z. B. enthielt 22 Striche je 0·000620 und die 30. gar circa 46 Striche je 0·00082 mm von einander entfernt. Nobert legte eigentlich die Pariser Linien zu Grunde und bezeichnete z. B. eine Gruppe als $^{1}/_{8000}$''' d. h. dass dabei eine Linie in 8000 Theile getheilt ist und 1 Strich vom andern $^{1}/_{8000}$ Linie entfernt ist. Wir werden noch darauf zurückkommen. Die letzte Platte Noberts enthält blos 19 Gruppen.

[2]) Die Brennweite eines Objectives ist stets in dem Cataloge der Firma, welche das Objectiv erzeugt hat, genau angegeben, sodass man selbe nicht erst mittelst Versuches (vgl. Dr. A. Zimmermann, „Das Mikroskop", Leipzig und Wien bei Franz Deuticke 1895, S. 114) zu bestimmen braucht.

wesentliche Einstellungsänderung gleichzeitig mit den anderen scharf gezeichnet hervortreten. Ein Mikroskop, welches gut begrenzt und ein gutes eigentliches Penetrationsvermögen[1]) besitzt (nicht zu verwechseln mit dem von sehr vielen Mikroskopikern[2]) nach englischem Vorgange „penetrating power“ genannten Auflösungsvermögen) zeigt die Bilder alle, wie gestochen. Dass dabei keine farbigen Ränder sich zeigen dürfen, höchstens sehr schmale Säume (welche bei den Apochromaten fast ganz beseitigt erscheinen), haben wir schon oben, bei Erörterung der Aberrationen, besprochen. Nicht verwechselt werden dürfen mit farbigen Bändern auch die Interferenzfarben, welche bei zarten Gittern, Streifungen und dergleichen bei schiefer[3]) Beleuchtung manchmal zur Ansicht kommen, aber bei Aenderung der schiefen Beleuchtung in eine centrale sofort verschwinden.

Zur directen Prüfung der Tiefenwirkung und Begrenzung und der damit zusammenhängenden Achromasie und Apochromasie eignen sich sehr viele Objecte organischen Ursprunges, so namentlich die Querschnitte von Nadelhölzern mit den Tüpfelzellen und dergleichen; die Erörterung aller dieser Objecte würde aber für einen Leitfaden zu weitwendig sein.

§ 55. Auch das Auflösungs- oder Abbildungsvermögen, das mit der Apertur zusammenhängt, wird praktisch durch die Besichtigung gewisser, traditionell zu diesem Zwecke bereits vielfach erprobter Objecte, der sogenannten Probeobjecte, auch Testobjecte (testimonium, das Zeugnis) geprüft.

Diese Prüfung erfordert freilich eine gewisse Fertigkeit im Einstellen, die der Anfänger selten hat, sich aber gerade beim Studium der Probeobjecte leicht aneignen kann, da der Verkäufer, der in der Regel in der Einstellung sehr geübt ist, ihm die Handgriffe sozusagen vormacht. Regel ist, dass beim Einstellen überhaupt und namentlich bei Prüfung eines Mikroskopes die für die feine Einstellung dienende Schraube beständig zwischen den Fingern spielen muss. Dr. Zacharias sagt darüber sehr schön: „... sie ist sozusagen das Organ, mit dem wir den zu untersuchenden Gegenstand in allen seinen verschiedenen Theilen unserer Anschauung nahe bringen. Das Sehen „„mit fühlender Hand““, von dem Goethe in einer seiner römischen Elegien spricht, hat seinen guten Sinn auch für den vorliegenden Fall“.

Als Testobjecte sind viele organische Objecte, namentlich Schuppen von den Flügeln der Schmetterlinge und die ausgeglühten Kieselpanzer verschiedener mikroskopischer Algen (Diatomeen)[4]) in Gebrauch gekommen.

Hier wollen wir nur die gebräuchlichsten anführen und bemerken gleich, dass sich die Bilder derselben, die man im Miskroskop sieht, im Holzschnitte blos andeuten, nicht aber getreu wiedergeben lassen und bitte diesbezüglich die Leser um weitgehendste Nachsicht. Bei Prüfung der folgenden Testobjecte verfährt man — wie oben bei Besichtigung der Fledermaushaare — die auch ein Testobject sind — angegeben wurde, nur muss man einige Modificationen an der Beleuchtung vornehmen. Und nun zur Sache.

---

[1]) Ist gleichbedeutend mit dem im § 27 u. ff. dieses Leitfadens besprochenen „Tiefenwirkungsvermögen“.

[2]) Z. B. in Dr. Mez's neuester (8.) Auflage von Dr. Hermann Hager's „Das Mikroskop“, Berlin. Verl. v. Julius Springer, 1899, Seite 54 und ff.

[3]) Berusst man an einer Flamme ein Deckgläschen und ritzt mit einer feinen Nadelspitze zarte Zickzacklinien hinein, die dann als Object mit einem zu prüfenden Objectiv und schwachen Ocular betrachtet, als helle Linien auf dunklem Grunde erscheinen, so dürfen freilich auch bei schiefer Beleuchtung nur schmale Farbsäume vom secundären Spectrum herrührend (rosa, violett und gelblichgrün) sich zeigen. Gute Apochromaten sollen freilich auch diese Probe, ohne Farben zu zeigen, bestehen, wenn man ein Compensationsocular anwendet. Da eine vollständige Compensation durch Vereinigung der Strahlen zweier Farben nur für einen ganz bestimmten Neigungswinkel möglich ist, so zeigen auch die besteorrigirten achromatischen Objective bei sehr schiefer Beleuchtung Farben an den Objecten. Besonders auffallend zeigt sich dies an scharfcontourirten Objecten. Bringen wir z. B. einen undurchsichtigen Körper, etwa einen $^1/_{20}$ mm starken Platindraht als dunkles Object auf hellem Grunde unter das Mikroskop und stellen den Spiegel excentrisch nach rechts, so zeigt sich bei Untercorrection rechts röthlich gelbe, links bläuliche und bei Uebercorrection rechts bläuliche und links röthlich gelbe Färbung. Bei Uebercorrection herrscht die bläuliche bei Untercorrection die röthliche Färbung vor. Vgl. §§ 10 und 32 oben.

[4]) Es gibt eine ungeheuere Anzahl solcher Diatomeenarten und unter derselben Species viele Varietäten Der Catalog des Diatomeenpräparators Ed. Thum in Leipzig (Johannis-Allee), führt z. B. 130 Varietäten von Pleurosigma an.

Hugo von Mohl, eine berühmte Autorität in der Mikrographie, empfahl im Jahre 1846 die lichter gefärbten Schuppen auf den Vorderflügeln des Weibchens von Hipparchia Janira (jetzt „Epinephele“ genannt) als Testobject. Man betrachtet dasselbe bei centrischer Beleuchtung und nimmt zweckmässig eine mittelgrosse Blendöffnung[1]) vor die Lichtöffnung des Objecttisches, je nachdem eben die Beleuchtung schwächer oder stärker ist und man Alles deutlich sieht, ohne dass das Auge geblendet und ermüdet wird.

Fig. 72 *c* zeigt eine solche Schmetterlingsschuppe von Hipparchia Janira in 370facher Linearvergrösserung. Ausser den schon bei schwachem Auflösungsvermögen sichtbaren, kräftigen Längsstrichen müssen an diesen Schüppchen noch feine, auf den Strichen senkrecht stehende, also in der Zeichnung horizontale Querlinien sich zeigen. Unsere heutigen mittleren Systeme lösen bei 200maliger Vergrösserung diese Aufgabe spielend, obgleich diese Querlinien blos einen Abstand von $^1/_{1200}$ *mm* haben, während zu Hugo von Mohl's Zeit ein gutes Instrument erst bei 300maliger Vergrösserung diese Aufgabe löste. Man kann also sagen: Ein modernes Objectivsystem, welches mit einem mittleren Ocular 200mal vergrössert und spielend die Schuppen von Hipparchia Janira auflöst, hat ein Auflösungsvermögen von $^1/_{1200}$ *mm*, das heisst, es lässt Zwischenräume von $^1/_{1200}$ *mm* leicht erkennen; insoferne hat man also, wie oben erwähnt, durch die qualitative Prüfung bekannter Objecte eine annähernd richtige Schätzung für das Maass der Leistung. Man sieht also schon hier, dass das heutige Objectiv bei 200maliger Vergrösserung mehr leistet als ein Objectiv von 300maliger Vergrösserung aus der Mitte dieses Jahrhundertes und es ergiebt sich aus Vorgesagtem schon der Satz, dass ein Objectivsystem desto besser ist, bei je geringerer Vergrösserung es eine gegebene Aufgabe, z. B. das Auflösen eines Testobjectes bewältigt. Es verhält sich also nach dem Gesagten ein System aus Mohl's Zeit zu einem modernen umgekehrt wie $^{300}/_{1200} : {}^{200}/_{1200}$ oder 3 : 2, welches Verhältniss nichts ist, als der mathemathische Ausdruck für obigen Satz, und welcher in umgekehrter Form, nämlich 2 : 3, das Verhältniss der Leistungsfähigkeit eines älteren Systems zu dem erwähnten modernen angiebt.

Ausser den Schuppen von Hipparchia Janira hat man solche von Pieris brassicae, Podura plumbea, Macroglossa stellatarum, Lepisma sacharina und anderen Insecten verwendet, doch sind namentlich für die stärkeren Systeme viele als zu leicht auflösbar ausser Gebrauch gekommen und man verwendet die obenerwähnten Kieselpanzer der Diatomeen entweder trocken, d. h. nicht eingeschlossen in einer Flüssigkeit, sondern ohne eine solche auf dem Deckglase durch Anschmelzen befestigt, sodass sie in Luft eingeschlossen erscheinen[2]), oder in einer Einschlussflüssigkeit mit stärkerem Brechungsvermögen, wie Canadabalsam oder Flüssigkeiten von noch höherem Brechungsindex, wie Monobrom-Naphtalin, Styrax, Realgar, Quecksilberjodid u. dgl. als taugliche Testobjecte. Das gebräuchlichste ist Pleurosigma angulatum, neuerer Zeit Scalprum angulatum genannt, wovon es zwei Spielarten, eine etwas leichter auflösliche aus der Nordsee und eine etwas schwerer lösliche mehr scharfkantig rautenförmige aus der Ostsee giebt.

Fig. 73 zeigt in *a* die erstere, in *b* die letztere Form, beide 200mal vergrössert. Die erstere findet sich meist auf den Präparaten von Bourgogne in Paris, die letztere bisweilen auf jenen von Moeller in Wedel (Holstein),

---

[1]) Wem eine Irisblende zur Verfügung steht, erweitert und verengt dieselbe nach Bedarf.

[2]) Solche Probeobjecte sich selbst herzustellen, ist für den Anfänger im Präparieren unmöglich, wie sich dies von selbst versteht und man ist daher darauf angewiesen, sich solche anzuschaffen, falls sie nicht, wie dies übrigens renommirtere Firmen stets zu thun pflegen, seitens des Verkäufers eines Instrumentes als willkommene Zugabe geliefert wurden. Möller in Wedel in Holstein und C. Rodig in Hamburg stellen übrigens Testplatten her, welche eine ganze Reihe nach der Schwierigkeit ihrer Auflösung geordneter, in je einem Exemplare vorhandener Diatomeen enthält. Auch das Institut von E. Thum in Leipzig fertigt Test- und Typenplatten in reichster Auswahl, von denen einzelne 1000 Exemplare enthalten.

Rodig in Hamburg und Boecker in Wetzlar. Pleurosigma angulatum muss, wenn gut und rein präparirt[1]), schon bei Betrachtung mit freiem Auge am Präparate einen herrlichen bläulichen oder gelblichen Schillerglanz zeigen, wenn man es am auffallenden Lichte hin und her wendet und schief darauf hinsieht, ein Farbenglanz, der von eigenthümlicher Lichtbrechung und Interferenzerscheinungen an den äusserst fein geriefelten Oberflächen der Kieselpanzer herrühren dürfte, sich unter dem Mikroskope bei schwächeren Vergrösserungen und sehr schiefer Beleuchtung, welche, wie im § 41 auseinander gesetzt wurde, ähnlich wie die Dunkel-Feldbeleuchtung mit der Sternblende wirkt, ebenfalls zeigt und ja nicht auf Rechnung mangelhafter Achromasie des benützten Systems gestellt werden soll. Diese schiefe Beleuchtung, welche durch excentrische Stellung des Spiegels (Hohlspiegels) an dem drehbaren Arme desselben bewirkt wird, ist nöthig, um schwächere Systeme zu probiren.

Fig. 73.

Fig. 74.

Fig. 75.

Bei 200maliger Vergrösserung und centrischem Lichte, etwa unter Zuhilfenahme einer Blende, sieht man nichts als die Umrisse und die Mittelrippe, wie in Fig. 73.

Bei sehr excentrischer Stellung des Spiegels und gutem Lichte sieht man zuerst die erwähnte schillernde Färbung, welche bei etwas ermässigter Excentricität der Spiegelstellung eine leichte Streifung erkennen lässt, wie Fig. 74 schematisch andeutet.

Hat man einen drehbaren Tisch oder einen Abbe'schen Beleuchtungsapparat, welcher schiefe Beleuchtung und Rotation des Blendenträgers bei excentrisch gestellter Blendung gestattet, am Stative und dreht denselben, so sieht man einmal die Schraffirung in der Richtung *c d*, dann eine solche in der Richtung *a b* auftauchen. Sieht man genauer zu, oder erhöht die Formerkennbarkeit durch ein stärkeres Ocular, so kreuzen sich scheinbar die Linsensysteme *a b* und *c d* unter Winkeln von 60 Graden und es scheint der Kieselpanzer

[1]) Die Pleurosigmen werden in Luft also trocken eingelegt benützt.

In Luft trocken eingelegt, werden einige Structuren, wie z. B. jene der Grammatophora und Amphipleura [illegible] gelöst, während die Zeichnungen der Pleurosigmen in Luft leichter lösbar sind.

Monobrom-Naphtalin eignet sich für alle Testdiatomeen am besten, da es die Structuren am leichtesten [illegible] und dabei ein schönes Bild gibt.

In Styrax werden die Diatomeen etwas mehr aufgehellt und verlangen zur Auflösung ihrer Zeichnung [illegible]

mit Rauten bedeckt zu sein, wie Fig. 75 bei 350maliger Vergrösserung zeigt. Bei noch stärkerer Vergrösserung, z. B. Reichert's, Merker's oder Ebeling's Nr. 7 mit einem stärkeren Ocular (etwa 4 oder 5) sieht man kleine, schwarze Sechseckchen, die aus den bisher gesehenen, dicker erscheinenden Liniensystemen und neu hinzugekommenen zarteren gebildet werden. Starke Oculare mit mittelstarken Linsen oder schwächere Oculare, combinirt mit starken Immersionssystemen, zeigen ein Bild wie Fig. 76, und zwar wenn man von der schiefen Beleuchtung zur centrischen übergeht, insoferne in anderer Weise, dass die bisher schwarzen Contouren sich in lichte, sechseckige Umwallungen verwandeln.

Die stärksten Wasserimmersionen combinirt mit gewöhnlichen starken Ocularen nach Huyghens oder Ramsden zeigten dann ein Bild, wie Fig. 77. Die neuesten Apochromaten mit Compensationsocularen lösten schliesslich die Sechsecke wieder in Kreise auf, zwischen welchen eigenthümliche perlenartige Punkte auftreten. Deshalb entstand ein Streit über die wahre Gestalt der Zeichnung bei Pleurosigma angulatum, welcher noch forttobt. Der berühmte Professor Abbe in Jena erhob jedoch seine Stimme und betonte, dass der Streit insoferne ein müssiger sei, als die Bilder derartiger Testobjecte der Wirklichkeit kaum conform sein dürften, weil sie ein Product von complicirten Beugungs- und Diffractionserscheinungen sind. Dr. Abbe hat in seiner epochemachenden Abhandlung: Beiträge zur Theorie des Mikroskopes und der mikroskopischen

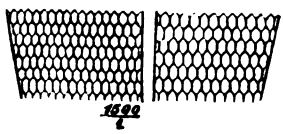


Fig. 76.

Fig 77.

Wahrnehmung (Archiv für mikroskopische Anatomie 1873, Bd. 9, S. 413) zuerst auf den fundamentalen Unterschied in der Abbildung selbstleuchtender und nicht selbst leuchtender, sondern von einer anderen Lichtquelle beleuchteter Objecte hingewiesen. Die ältere Theorie des Mikroskopes hat nun die für Lichtquellen (z. B. eine Kerze, ein Fenster, die Sonne etc.) experimentell erprobten Abbildungsgesetze auch auf das Mikroskop angewendet.

§ 56. Der Einfachheit halber sind auch wir in diesem Leitfaden bisher stets von dieser Theorie der sogenannten primären oder geometrischen Abbildung ausgegangen (vgl. § 5 u. ff.). Dr. Abbe hat an die Stelle dieser Theorie die sogenannte „Theorie der secundären Abbildung" gesetzt, welche er ohne Einschränkung auf alle nicht selbstleuchtenden Körper angewendet wissen will. Dieselben bedürfen nämlich, um gesehen werden zu können, der Beleuchtung durch eine fremde Lichtquelle und die von dieser ausgehenden Strahlen erleiden durch Reflexion, Absorption oder Brechung eine Ablenkung, welche bewirkt, dass die Bedingungen der Abbildung hier ganz andere sind, als jene von selbstleuchtenden Körpern. Hier entstehen die Bilder des beleuchteten Objectes durch Interferenz der einzelnen Elementarwellen, welche von den sogenannten Beugungsspectren ausgehen. Dr. Abbe hat nun auf mathematischem Wege nachgewiesen, dass nur dann ein vollkommen ähnliches Bild einer Structur entsteht, sobald von dem betreffenden Objective das gesammte Beugungsbild aufgenommen wird, dass dagegen von einer Structur überhaupt nichts im mikroskopischen Bilde sichtbar ist, wenn nicht ausser dem directen (weissen) Bilde der Lichtquelle mindestens ein Beugungsspectrum in das betreffende Objectiv gelangt. Es lassen sich

nun ganz gut alle Mittelstufen zwischen diesen Extremen denken und das Structurbild wird sich also der Wirklichkeit nähern, je mehr Beugungsspectra in das Objectiv gelangen.

Experimentell hat diese Erscheinungen Dr. Abbe durch die sogenannte Diffractionsplatte gezeigt. Zeiss beschreibt dieselbe in seinem Katalog wie folgt:

Diffractionsplatte nach Abbe, zur Demonstration der Wirkungen der Beugung bei der Entstehung der mikroskopischen Bilder (Monthly Micr. Journ. Febr. 1877; Zeitschr. f. Mikroskopie, II. Jahrg. Heft 2). — Drei an ihrer unteren Fläche versilberte Deckgläser mit eingerissenen Liniengruppen in Form von einfachen Gittern und Kreuzgittern, neben einander auf einem Objectträger aufgekittet

Mit Hilfe dieser Platte lassen sich unter Anderem Bilder hervorbringen, welche der wahren Structur der eingerissenen Liniengruppen (die ja bekannt ist) nicht entsprechen und das in dieser Weise erzeugte Beugungsbild stimmt in Schärfe und Aussehen dennoch mit einem normalen mikroskopischen Bilde derart überein, dass der unbefangene Beobachter dasselbe gewiss für das getreue Abbild einer wirklich vorhandenen Structur halten würde.

Ganz ähnliche Täuschungen dürften nun bei der Beobachtung der Streifenbilder der Diatomeen sich ergeben. Das Verschwinden und Auftauchen von Streifen, wie wir es bei Aenderung des Einfallswinkels der schiefen Beleuchtung bei Pleurosigma angulatum (Fig. 74) kennen gelernt haben, — lässt sich experimentell mit den Diffractionsplatten Abbe's nachahmen.

Umgekehrt lässt sich einer der mit der Diffractionsplatte von Dr. Abbe angestellten Fundamentalversuche, dass nämlich eine desto grössere Anzahl von Beugungsspectren auftreten, je grösser der Oeffnungswinkel des verwendeten Objectives resp. die numerische Apertur desselben ist, aus welchem Versuche im Zusammenhalte mit dem Vorausgeführten erklärlich wird, weshalb Abbildungsvermögen und Oeffnung in einem Verhältnisse stehen, dass das erstere mit Zuhilfenahme der letzteren wächst — auch mit unserem Pleurosigma ausführen. Schraubt man nämlich an den Tubus eines mit einer Blendung versehenen Statives eine starke Linsencombination, z. B. eine Oelimmersion und blickt, nachdem man vorher auf ein Pleurosigma eingestellt hat, nach Wegnahme des Oculares durch den Tubus, bis man das Bild der Blendung verkleinert sieht, so beobachtet man, insbesondere wenn man das Auge über der Tubusöffnung in horizontaler Richtung hin- und herbewegt, um die Blendung herum 6 gleichmässig vertheilte Beugungsspectren. Bei schwächeren Systemen mit geringeren Oeffnungswinkeln reducirt sich die Zahl der Beugungsspectren. Als Blendung kann man zweckmässig ein kreisrundes, geschwärztes, in den Condensor und das Substage oder den Cylinder einer Schlittenblende passendes Stück Cartonpapier, in das man diametral einen höchstens 0·5 *mm* breiten Spalt eingeschnitten hat. Man auch ohne den Spalt, wenn man das Pleurosigma [illegible] dann das Ocular entfernt, sieht man, wenn man [illegible] Oeffnung erleuchtet und am Rande des [illegible] symmetrisch vertheilt, sechs halbkreisförmige [illegible] Blau nach innen gekehrt erscheint.

§ 57. Als Test-Objecte, aus denen man auf die Güte resp. Leistungs[illegible] lassen kann, sind diese mit feinen Streifungen

[illegible] Mikroskop kern an [illegible] man auf den Rand und die [illegible] erscheinen und die Federn sollen bei [illegible] verschwinden. Ist nun in [illegible] die Zeichnung tiefer zu liegen, der [illegible] um auch die Zeichnung scharf [illegible] gleichmässig über der Schale zu [illegible] im § 9 oben aber die wirkliche

ausgestatteten Diatomeenpanzer also jedenfalls sehr geeignet, aber aus den gesehenen Bildern einen apodictischen Schluss auf die Structur zu ziehen, wäre nach dem Vorgesagten voreilig, denn mit den Fortschritten der Objective haben sich mitunter neue Bilder ein und desselben Objectes ergeben, insoferne es sich um sehr fein gestreifte Objecte, wie die Kieselpanzer der Diatomeen handelt, wer bürgt dafür, dass ein neuer Fortschritt in der Optik uns die Structur z. B. des Pleurosigma angulatum noch anders zeigt, als unsere jetzigen Apochromatoelimmersionen, welche jene obenerwähnten Sechsecke in Kreise mit dazwischen liegenden dunklen Punkten auflösen? Sind solche Fortschritte überhaupt denkbar? Wir kommen damit unwillkürlich auf die Grenzen der optischen Wahrnehmung durch Objectivsysteme zu sprechen. Nach der sogenannten Undulationshypothese besteht bekanntlich das Licht in einer Wellenbewegung des Lichtäthers und zwar schwingen die Theilchen des hypothetischen Lichtäthers in einer auf die Fortpflanzungsrichtung des Lichtstrahles senkrechten Richtung.

Die Lichtwellen haben eine gewisse Länge, welche für Licht von verschiedener Spectralfarbe verschieden ist; so besitzt Violett die kürzesten, Roth die längsten Wellen[1]). Die Wellenlänge hängt aber auch von dem Medium ab, durch welches das Licht hindurchgeht. Die Wellenlänge und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit sind beim Lichte umgekehrt proportional dem Brechungsindex.

Je höher der Brechungsindex eines Mediums ist, durch welches man Licht hindurchsendet, desto geringer wird die Wellenlänge. Diese theoretischen Sätze, welche theils experimentell nachgewiesen, theils mathematisch herausgerechnet wurden, müssen wir uns vor Augen halten, um das Nachstehende verstehen zu können.

Wir haben oben erwähnt, dass wenigstens ein Beugungsspectrum ausser dem directen von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlenbüschel in das Objectiv gelangen muss, damit etwas von der Structur (z. B. Streifensysteme wie bei Pleurosigma angulatum oder einem ähnlichen Probeobject) sichtbar werde.

Je mehr Beugungsspectren in das Objectiv gelangen, desto ähnlicher wird das im Mikroskop gesehene Bild dem wahren Structurbilde. Diese Beugungsspectren werden von Lichtstrahlenbüscheln geliefert, welche wir Beugungsbüschel nennen wollen, und diese Beugungsbüschel bilden mit der optischen Achse gewisse Winkel. Die Gelehrten, welche sich mit der Erforschung der Gesetze des Lichtes mit besonderer Berücksichtigung des Mikroskopes befasst haben, haben durch mathematische Berechnung gefunden, dass der sinus (eine trigometrische Function) eines solchen — nehmen wir an mit α bezeichneten — Winkels, den ein Beugungsbüschel, welches wir beispielsweise herausgreifen, mit der Achse des Objectives (optische Achse) bildet, zu der Wellenlänge des Lichtes und dem Abstande vom Streifensysteme, respective der Breite der Streifen in einem gewissen mathematischen Verhältnisse steht. Diese Physiker[2]) bezeichneten die Wellenlänge mit λ und die Breite der Streifen mit b und bewiesen, dass der sinus des Winkels α gleich ist $\frac{\lambda}{b}$ bei dem ersten Beugungsbüschel (dem nächsten zur optischen Achse) bei dem zweiten, schon entfernteren, $\frac{2\lambda}{b}$, bei dem dritten noch entfernteren $\frac{3\lambda}{b}$.

Es leuchtet auch den Laien in der mathematischen Physik ein, dass wenn man die Wellenlänge des verwendeten Lichtes λ und die Breite der noch aufzulösenden (sichtbar zu machenden) Streifen kennt, diesen Winkel α für die Beugungsbüschel berechnen kann. Da man beim Mikroskopiren am

[1]) Von 0·0004 mm bis 0·00076 mm wächst die Wellenlänge (in Luft) im Spectrum von Violett bis Roth.
[2]) Abbe, Nägeli und Schwendener, Czapski, aber schon früher der berühmte, 1894 verstorbene Physiker Helmholtz.

liebsten mit weissem Lichte arbeitet, welches ein Gemisch (wenn man so sagen darf) aus den in den verschiedenen Spectralfarben erscheinenden Lichtstrahlen ist, so hat man hier eine mittlere Wellenlänge für λ anzunehmen und zwar haben „Nägeli und Schwendener" (siehe deren Buch „Das Mikroskop", 2. Aufl. Leipzig 1877, I. Theil, Seite 224) diese mittlere Wellenlänge mit 0·0005 *mm* angesetzt. Nehmen wir nun an, wir hätten feine Streifungen von 0·01 *mm* Breite durch das Mikroskop zu beobachten, respective eine solche Streifung aufzulösen. Wie gross wird da der obenerwähnte Winkel α sein müssen? Nägeli und Schwendener haben uns aus der vorangeführten Formel:

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{b}, \frac{2\lambda}{b}, \frac{3\lambda}{b} \text{ etc.}$$

nicht nur für Streifen von 0·01 *mm* Breite, sondern auch noch für unendlich feinere Streifungen den Winkel α in Graden und Bogenminuten berechnet und entnehmen wir diesen Autoren die nachstehende Tabelle für die Wellenlänge 0·0005 *mm*.

Breite der Streifen in Millimetern	Winkel der Beugungsbüschel mit der optischen Achse
$^1/_{100}$ = 0·01	2°52′, 5°44′, 8°38′, 11°32′, 14°30′...
$^5/_{1000}$ = 0·005	5°44′, 11°32′, 17°27′, 23°35′, 30°...
$^3/_{1000}$ = 0·003	9°35′, 19°28′, 30°, 41°46′, 56°26′, 90°...
$^2/_{1000}$ = 0·002	14°30′, 30°, 48°35′, 90°...
$^3/_{2000}$ = 0·0015	19°28′, 41°46′, 90°...
$^1/_{1000}$ = 0·0010	30°, 90°...
$^1/_{2000}$ = 0·0005	90°...

Wir sehen aus dieser Tabelle, dass der Winkel α, den die Beugungsbüschel mit der optischen Axe bilden (insbesondere wenn wir das erste Beugungsbüschel ins Auge fassen), desto grösser wird, je kleiner die Breite der zu betrachtenden Streifen ist.

Nun lehrt eine einfache, hier in diesem Leitfaden der mikroskopischen Technik nicht zu erörternde Erwägung, dass, damit das betreffende Beugungsbüschel in das Objectiv gelange, der Oeffnungswinkel des betreffenden Objectives mindestens so gross sein muss, wie 2 α. Beträgt also die Breite der Streifen z. B. $^1/_{1000}$ Millimeter oder der Zwischenraum zwischen 2 Streifen ebensoviel, so muss, damit überhaupt etwas von der Structur sichtbar wird, wenigstens das erste Beugungsbüschel in das Objectiv gelangen und daher die Oeffnung den doppelten Winkel α, das ist 60°, wenigstens erreichen. Für ein Objectiv mit einem Oeffnungswinkel von 60° ist also, vorausgesetzt, dass wir keine anderen noch zu besprechenden Kunstgriffe verwenden, $^1/_{1000}$ *mm* Abstand einer Streifung die äusserste Grenze des Auflösungsvermögens. Unter den vielen, als Testobjecte verwendeten Diatomeen hat beispielsweise die „Nitzschia Brebissonii" einen solchen Streifenabstand von 0·001 *mm*.

Für einen halb so grossen Streifenabstand müsste der Oeffnungswinkel 2 α = 2 mal 90° = 180° betragen; um also von einer Structur, deren Streifung so fein ist, dass die Abstände der Streifen von einander blos 0·0005 *mm* betragen, etwas wahrzunehmen, müsste man unter gewöhnlichen Verhältnissen und ohne Kunstgriffe ein Objectiv von 180° Oeffnungswinkel

haben, ein Winkel, der sich schon aus rein technischen Gründen nicht erreichen lässt.

Wie kommt es nun, dass unsere Objective modernster Construction die Querstreifen der später zu besprechenden, als Testobject häufig benützten Diatomee Surirella gemma, deren Abstand blos 0·00044 beträgt, dennoch deutlich zeigen?

Wir haben gehört, dass der Winkel α berechnet wurde für eine Wellenlänge von 0·0005 *mm*, also für weisses Licht. Würden wir also λ kleiner machen, so würde auch α kleiner $\left(\text{denn } \alpha = \frac{\lambda}{b}\right)$ und der Oeffnungswinkel könnte bei kleinerer Wellenlänge auch kleiner genommen werden, und dennoch einen bestimmten Streifenabstand (b) auflösen.

Man hat dies auch versucht, indem man violettes Licht, dessen Wellenlänge etwa 0·0004 beträgt, als sogenannte monochromatische Beleuchtung verwendete; grössere practische Bedeutung konnte aber eine solche Beleuchtung mit einem uns fremdartigen Lichte nicht erlangen. Auch die durch Photographie dienstbar zu machenden sogenannten ultravioletten Strahlen, welche eine so kurze Wellenlänge haben, dass sie vom menschlichen Auge nicht mehr als Licht empfunden werden, die lichtempfindliche photographische Platte aber noch bedeutend chemisch zu afficiren vermögen, haben in der Mikroskopie bisher noch keine über das Experiment hinausgehende practische Anwendung zur Sichtbarmachung feiner Structuren gefunden.[1])

Dagegen lehrt uns die vorige Erwägung, dass man, um genau vergleichbare Resultate bei Untersuchung von Objectiven auf ihr Auflösungsvermögen zu erhalten, nicht eine beliebige Lichtquelle nehmen soll. Ein blauer Himmel hat kurzwelligeres Licht als ein weisser, ein weisser kurzwelligeres Licht als z. B. eine röthlichgelb angestrichene Wand eines Hauses, auf welche die Sonne scheint und von welcher man etwa in einer engen Strasse mittelst des Mikroskopspiegels Licht zu entnehmen gezwungen ist. Eine Bogenlampe hat kurzwelligeres Licht, als eine Auer'sche Gasglühlichtlampe und diese wieder ein kurzwelligeres Licht als eine electrische Glühlampe, während letztere wieder weit kurzwelligere Strahlen aussendet als etwa ein gewöhnlicher Petroleum-Flachbrenner.

Ich mache daher gleich aufmerksam, dass sich in Ermanglung des oft nicht zu Gebote stehenden Lichtes des heiteren Himmels die von vielen Seiten[2]) zum Mikroskopiren ohnehin empfohlenen Auer'schen Gasglühlichtlampen, welche nunmehr auch dort, wo kein Leuchtgas zu Gebote steht, als Spiritus-, Benzin- oder Petroleumglühlichtlampen zur Verwendung kommen können, als constante Lichtquellen zur gleichmässigen Prüfung von Objectiven schon wegen ihres kurzwelligen, dem besten Tageslichte nicht unähnlichen Lichtes am besten eignen dürften.

Die Wellenlänge des im Mikroskope wirkenden Lichtes lässt sich aber auch durch den in seinen practischen Ergebnissen schon oben angeführten Kunstgriff verringern, dass man nämlich das Licht nicht aus der Luft, sondern aus einem Medium von grösserem Brechungsindex in das Objectiv treten lässt. Die Technik hat diesen Kunstgriff in der Schaffung der Immersionssysteme practisch verwirklicht, ehe noch Dr. Abbe seine Theorie von der secundären Abbildung entwickelt und so das Rationelle dieses Kunstgriffes auch theoretisch begründet hatte.

Da nämlich, wie wir bereits gehört haben, sich die Wellenlänge λ umgekehrt verhält, wie der Brechungsindex des Mediums, so wird auch α und damit der Oeffnungswinkel kleiner werden können, ohne dass das Objectiv aufhört, zur Aufnahme des Beugungsbüschels fähig zu sein, wenn wir anstatt

---

[1]) Vgl. Dr. A. Zimmermann „Das Mikroskop" S. 52 § 78.
[2]) So z. B. von W. Behrens, Dr. A. Zimmermann u. a. m.

hervor. Die im § 33 A erwähnte structurauslöschende Wirkung erstreckt sich nicht auf feine Streifungen der Oberfläche und so wirkt ein voller (d. h. das Objectiv ausfüllender) Beleuchtungskegel sowie schiefes Licht, weil bei solchem Beleuchtungskegel für die nahe am Rande der Objectivblendung verlaufenden Strahlen die zugehörigen abgebeugten Strahlen ebenso wie bei schiefer Beleuchtung in das Objectiv gelangen und somit in der Bildebene durch Interferenz ein Structurbild erzeugen müssen. Die hohen Aperturen der Abbeschen Beleuchtungs-Linsen-Combinationen (vgl. § 33 A) haben also auch für das resolvirende Vermögen des Instrumentes eine Bedeutung, weil sie die volle Ausnützung der Apertur des Objectives gestatten.

Je besser das Definitionsvermögen (welches man also hier mit dem Auflösungsvermögen zugleich prüfen kann) des Objectives ist, desto zarter und klarer werden durch dasselbe Testobjecte bei centraler Beleuchtung mit vollem Beleuchtungskegel, welche gleichbedeutend mit schiefer wirkt — erscheinen. — Wir erwähnen gleich, dass bei vollem Beleuchtungskegel nicht ein einziges Streifensystem, sondern alle gleichzeitig und gleich deutlich im Bilde der Oberflächenstructur erscheinen.

Wenn aber bei Testobjecten von centraler im Gegensatz von schiefer Beleuchtung die Rede ist, so ist nicht der volle, sondern der abgeblendete Kegel gemeint, da, wie erwähnt, der volle Kegel ebenso wirkt wie schiefes Licht, also die Breite des bei geradem Lichte noch sichtbaren minimalen Streifenabstandes auf die Hälfte zu reduciren gestattet, ohne dass die betreffende Structur unsichtbar wird. Bevor wir wieder zu den Grenzen der optischen Leistung eines Objectives zurückkehren, müssen wir noch hervorheben, dass, wie wir gesehen haben, die Vergrösserung[1]) eines Objectivsystems bei der Erwägung des Abbildungsvermögens gar nicht in Frage gekommen ist. In der That, was der Laie als Hauptsache schätzt, ist dem Fachmanne blos insoferne von Bedeutung, als ein Objectiv umso besser genannt zu werden verdient, bei je geringerer Vergrösserung eine gewisse Structur deutlich erscheint.

Insbesondere eine Steigerung der Vergrösserung durch Oculare vermehrt blos die Formerkennbarkeit; ohne gleichzeitige Steigerung der Apertur vermag dieselbe eher der Schärfe des Bildes zu schaden. In der That, wenn wir unser Pleurosigma durch ein Trockensystem von 0·80 Apertur mit einem gewöhnlichen Huyghens'schen starken Ocular betrachten, so werden wir bei geeigneter Beleuchtung die in Fig. 69 abgebildeten Sechsecke wohl deutlich als solche erkennen, aber selbst bei gut corrigirtem System und passender Deckglasdicke (vgl. § 20) werden die Contouren ähnlich erscheinen, wie ein Druck mit stumpfen Lettern[2]), während sie bei schwächeren Ocularen scharf gezeichnet, wenn auch kleiner hervortreten.

Freilich, je besser ein Objectiv, desto stärkere Ocularvergrösserung verträgt es, denn das Ocular vergrössert auch, falls es sehr stark und kein Compensationsocular, also nicht eigentlich zugehörig zum zu prüfenden System ist (vgl. § 27), die Fehler des vom Objectiv entworfenen Bildes und je „netter" dieses ist, desto eher wird die Vergrösserung vertragen.

Durch die Compensationsoculare wird zwar diese Vergrösserung der Fehler vermieden und vielmehr (vgl. § 27) eine Correction derselben bewirkt — aber da sie die Wellenlänge nicht verkürzen und die Ausbreitung und Zahl der Beugungsspectren nicht vergrössern, so bleiben für die Fortschritte im Auflösen feiner Structuren blos numerische Apertur (a) (also auch Brechungsindex des Mediums zwischen Deckglas und Frontlinse des Objectives, welcher als n in der Formel $a = n \sin u$ vorkommt), schiefe Beleuchtung und allenfalls Herabsetzung von λ (Wellenlänge) durch Licht von kurzer Wellenlänge übrig.

[1]) Vgl. § 24.
[2]) Man verwendet solche starke Oculare daher mehr zum Zählen oder Messen, als zum Beobachten.

durch die besten Objective nicht mehr wahrzunehmen vermochte, also die äusserste Grenze der Wahrnehmung durch das Auge überschritten.

Dr. S. Czapski hat in seinen Abhandlungen, „Die voraussichtlichen Grenzen der Leistungsfähigkeit des Mikroskopes" (Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. 8, S. 145) und „Ueber ein System von der Apertur 1·60 etc." (Zeitschrift für wissensch. Mikroskopie 1889, Bd. VI, S. 417 u. ff) diese Grenzfrage näher beleuchtet; van Heurek in seinem Buche: „Le mikroskope, sa construction, son maniement, la technique mikroskopique en général etc. Anvers et Bruxelles 1891" eine weitere Hinausschiebung der obigen Grenzen durch Jodmethyl (Brechungsindex 1·74) als Immersionsflüssigkeit vorgeschlagen. Die Objecte, deren Structurdetaills gesehen werden sollen, müssten dann freilich in Einbettungsflüssigkeiten von noch höherem Brechungsindex, also etwa in Gemischen von Bromarsen mit Schwefelarsen (sehr giftig!) von 2·1—2·4 Brechungsindex liegen, denn zarte ungefärbte Structuren werden desto schwerer sichtbar, je weniger sich der Brechungsindex des Objectes von dem umgebenden Medium unterscheidet, Luft wäre also eigentlich am besten und wird für Pleurosigma angulatum und manche andere Testobjecte auch genommen. Würden diese Objecte in Canadabalsam (einem sehr häufig zur Verkittung von Linsen, Präparaten und mikroskopischen Glasgegenständen überhaupt verwendeten, terpentinartigen Harze) liegen, welcher Balsam 1·54 Brechungsindex hat, so beziffert sich die Sichtbarkeit auf 0·11, wenn sie bei Luft, wo $n = 1$ ist, 0·54 beträgt, weil Pleurosigma in seinem Silex (Kieselpanzer) einen Brechungsindex von 1·43, hat und die Differenz von 1·43—1 = 0·43 und von 1·54—1·43 = 0·11 beträgt, welche Differenzen sich umgekehrt verhalten, wie die Sichtbarkeit. Ein Glasstab aus Crownglas muss im Immersionscedernholzöl ganz unsichtbar werden, da sowohl Oel als Glasstab denselben Brechungsindex von 1·52 haben sollen. Man muss deshalb stets bei Testobjecten angeben, ob sie trocken, in Balsam, oder einer anderen Einbettungsflüssigkeit liegen. In Balsam sind sie schwerer zu lösen als trocken, warum, wurde eben erklärt. Da aber wegen der Lichtverluste durch Totalreflexion für hohe Aperturen, wie homogene Immersionen oder gar die Monobromnaphthalin-Immersion solche aufweisen, ein Einlegen der Objecte in Luft ausgeschlossen und der Silex mit Brechungsindex 1·43 sich von dem Balsam zu wenig abhebt, so musste man daran denken, bei solchen Immersionen die Objecte in Flüssigkeiten mit noch höherem Brechungsindex als ihn die Immersionsflüssigkeit besitzt (z. B. bei Cedernholzöl ist $n = 1·515$), zu legen oder wie der Fachausdruck lautet: „einzubetten".[1]) Die Immersionsflüssigkeiten von höherem Brechungsindex gestatteten also die mächtigsten Fortschritte.

Dass solchen Fortschritten gegenüber die 19. Gruppe der neueren Nobert-Tafel, deren Streifen blos 0·00022 *mm* entfernt sind, nicht Stand hält, ist klar, aber ebenso sicher ist, dass wir bei organischen Probeobjecten, wie den Diatomeen, also wie z. B. Pleurosigma angulatum, nicht wissen können, ob nicht ausser den heute schon sichtbar gemachten Streifensystemen noch viel feinere, unter die Grenze von 0·0015 *mm* Streifenabstand herabgehende Structuren vorkommen, welche unsere Objectivsysteme niemals richtig abzubilden im Stande wären. So kommen wir dahin zurück, von wo wir ausgingen, dass es müssig ist, über die wahre Gestalt der Oberfläche, der Testobjecte zu streiten![2])

---

[1]) Van Heurck in seinem oben erwähnten Werke Seite 260 u. ff., ebenso Petri in seinem Buche: Das Mikroskop etc. Seite 212. Vgl. oben § 55 dieses Leitfadens. Ein solches Objectiv ist nicht mehr „homogen", da Deckglas, Frontlinse und Condensor aus Flintglas bestehen, welches einen Brechungsindex n = 1·72 besitzt. Diese Objective sind also gegen Aenderungen in der Dicke des Deckglases und der Einbettungsflüssigkeit sehr empfindlich.

[2]) Immerhin können wir aber auf Grund der mit guten Objectiven geschauten Structurbilder (vgl. §§ 55 u. 56) Schlüsse auf die wahre Gestalt ziehen. So nimmt man an, dass die auf der Oberfläche des Pleurosigma angulatum gesehenen Felder wahrscheinlich Hohlräumen in der Schalenwand entsprechen, welche als regelmässig angeordnete Perlenreihen sich darstellen, und, solange man eine der Formerkennbarkeit nicht ganz genügende Vergrösserung anwendet, die Zwischenräume zwischen den einzelnen Perlen als gerade Linien (vgl. Fig. 74) erscheinen lassen. Bei Photographie mit stärksten Apochromatimmersionen erschienen die in Fig. 77 abgebildeten Sechsecke zu Kreisen abgerundet und deutlich geperlt.

Ein schwierigeres Object als Pleurosigma angulatum ist die trocken eingelegte Surirella gemma und an diesem Objecte wird gleich das oben Gesagte klar werden. In Fig. 78 sieht man diese Diatomee, wie sie sich bei 750maliger Vergrösserung z. B. mittelst Immersion von $^1/_{15}$ engl. Zoll Brennweite und 1·25 numerischer Apertur und eines schwachen Oculares im centralen und etwas abgeblendeten Lichte zeigt. Von der Fläche betrachtet, weist sie eine grosse Anzahl zu einer Mittellinie fahrender Querleisten und zwischen denselben wieder sehr feine, aber scharf gezeichnete Querlinien auf. Bei schiefer Beleuchtung massen sich schon bei einer Apertur von 0·65 diese Querlinien sofort zeigen, bei centraler nicht vollkegliger Beleuchtung mit stärkerer Abblendung erfordert die Auflösung eine numerische Apertur von mindestens 1.

Diese Querlinien sind 0·00041 [illegible] entfernt ($b = 0.00041$).

Wenden wir bis heute keine besseren Objective haben, als etwa die besten continentalen zur Zeit, als Oberhäuser sein „Grand microscope achromatique" (1855) verfertigte, müssten wir glauben, dass die Surirella so aussieht wie Fig. 78

Fig. 80

[illegible]

wir bei den sechseckigen Feldern von Pleurosigma angulatum gesehen haben, dass sie, mit den besten Objectiven und centralem Lichte betrachtet, sich als Perlen darstellen. Doch kann man mit einem zu practischen Zwecken bestimmten Mikroskope sehr zufrieden sein, wenn es mit seinem stärksten Systeme und Oculare bei centrischer Beleuchtung die Surirella so zeigt, wie unsere Figur 78; es reicht dann für alle practischen Zwecke vollkommen aus; ja für die allermeisten Untersuchungen genügt vollkommen ein Instrument, welches mit dem stärksten Objective und Oculare vom Pleurosigma angulatum ein Bild giebt, wie Fig. 76.

A

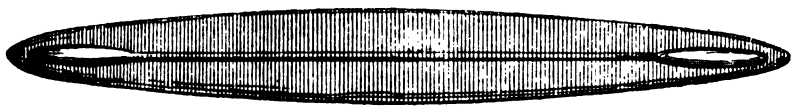
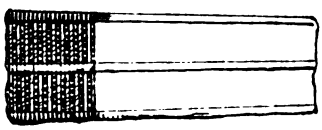


Fig. 81.

Für die höchsten wissenschaftlichen Zwecke und wohl auch für die subtilsten practischen Untersuchungen auf bacteriologischem Gebiete müssen freilich Objective verlangt werden, welche die Grenzen der Leistungsfähigkeit bei Anwendung der üblichen Medien (also Cedernholzöl und Crownglas bei der Frontlinse) fast erreichen. Solche Objective prüft man mit Amphipleura pellucida in Balsam oder einem sonstigen stark lichtbrechenden Medium eingebettet. Amphipleura pellucida besitzt nämlich Querstreifen von 0·00024 bis 0·00025 *mm* Abstand. Fig. 71 *A* zeigt sie aufgelöst bei schiefer Beleuchtung mittelst einer apochromatischen Oelimmersion von 1·30 numerischer Apertur und $^1/_{12}$ engl. Zoll Brennweite und Compensations-Oculare Nr. 6 (Reichert). Die Querstreifen lassen bei Anwendung eines Compensations-Oculares stärkster Sorte (z. B. 1·2 oder 1·8 Reichert) eine rosenkranzartige Perlung erkennen, wie Fig. 81 *B* andeutet.



B

Fig. 81.

Die Querstreifung müssen übrigens bei sehr gutem Lichte auch sehr gute achromatische Oelimmersionen von 1·25 Apertur aufwärts erkennen lassen, wenn die Strahlen parallel mit der Längsachse der Amphipleura auffallen.

Die Amphipleura pellucida ist das schwierigste Probeobject, welches zur Prüfung verwendet zu werden pflegt, seine Querstreifung entspricht der 19. Gruppe der neueren Nobert'schen Probeplatte. Man hat bei der 19gruppigen Nobert-Platte (die ältere Platte hatte, wie schon erwähnt, 30 Gruppen) in Glas mittelst einer Art vervollkommneter Pantographen (Storchschnabel mit Theilmaschine) durch eine Diamantspitze feine Linien eingeritzt, welche einen Triumph menschlicher Kunstfertigkeit darstellen. Schon die erste Gruppe hat Linienabstände von $^1/_{1000}$ Pariserlinie, die zweite von $^1/_{1500}$ Pariserlinie, die dritte von $^1/_{2000}'''$ u. s. w., die letzte Gruppe $^1/_{10000}'''$ = ungefähr 0·00022 *mm*.

Die Bewältigung dieser 19. Gruppe durch den als Mikrophotographen bekannten Amerikaner Woodward im Jahre 1869 galt in der wissenschaftlichen Welt als Ereigniss; sie war auch mit den damals allein zu Gebote stehenden Wasserimmersionen nur unter günstigster Beleuchtung und mit einem ganz ausgezeichnet corrigirten Linsensystem durchzuführen. Heutzutage, wo numerische Aperturen von 1·30 keine Schwierigkeiten mehr bieten und man die Grenzen der Leistungsfähigkeit auf das Einfachste berechnen kann, muss jedes Objectivsystem von 1·30 numerischer Apertur bei entsprechender Beleuchtung die 19. Gruppe Nobert's auflösen. Ein drehbarer Objecttisch oder ein drehbarer und excentrisch verstellbarer Blendenträger am Abbe'schen

Beleuchtungsapparate, welche Hilfsmittel gestatten, das schiefe Licht unter beliebigem Winkel dem Probeobjecte zuzusenden, sowie eine feine, empfindliche Mikrometerschraube, um auf die äusserst zarten Structuren einstellen zu können, sind freilich nothwendig, um unsere modernen Objective voll und ganz auszunutzen und das beste Objectiv wird mit unvollkommen functionirender Mikrometerschraube sich kaum auf die zarten Streifen der 19. Gruppe scharf einstellen lassen. Nun muss noch etwas bemerkt werden:

Die organischen Probeobjecte sind unter einander nicht gleich, nicht nur in Grösse, sondern auch in Reinheit der Präparation; die Nobert'schen Probeplatten dagegen zeigten in ihren neueren Ausgaben thatsächlich grosse Gleichmässigkeit.

Nichtsdestoweniger ziehe ich zur Prüfung unserer heutigen Objective ein organisches Probeobject deshalb vor, weil dieses in der Regel auch die Correction der sphärischen und chromatischen Aberration, von welcher Ebenheit des Gesichtsfeldes und Deutlichkeit sogen. „Nettigkeit" der Bilder, also auch das Definitionsvermögen abhängen, unschwer zu erkennen gestattet. Nur an den subtilsten organischen Probeobjecten wird man Unterschiede im Definitionsvermögen wahrnehmen, wenn auch das Abbildungsvermögen das gleiche ist. Nehmen wir z. B. Reichert's Semiapochromatobjectiv [illegible]" Brennweite und [illegible] numer. Apertur [illegible] wird uns die Felderung der Surirella prachtvoll zeigen, wenn wir es mit Compensationsocular 12 benutzen; nehmen wir Reichert's Apochromaten [illegible] von 1,30 numer. Apertur und stellen auf dasselbe Object mit demselben Compensationsocular um, so wird in dem Abbildungs- Auflösungsvermögen kein Unterschied zu merken sein, die Contrastirung der Felder wird [illegible] etwas [illegible] sein, ein Unterschied, der nur dem Kenner [illegible] wird. Bei Lösung der Nobert'schen Probeplatte dürfte auch dem Kenner [illegible] kaum auffallen. Auch unter den stärksten Apochromaten [illegible] Fällen unterscheiden sich meist in der Auflösungskraft [illegible] der Definition, weshalb [illegible] Aperturen [illegible] numerischen Aperturen zeigen [illegible]

[illegible] sicheren Verwendung [illegible] des Gesichtsfeldes [illegible] welches aus [illegible] Linien [illegible] Kreuzung [illegible] erscheint [illegible]

[illegible] § [illegible] [illegible]

[illegible] Richtung [illegible] Kreuzung [illegible] Zusammen [illegible] verschiedene [illegible] Nebenmann [illegible]

umkehren (wie beim terrestrischen Fernrohre), so dass man dann mit den schwächsten Systemen auch unter dem zusammengesetzten Mikroskope Objecte

desselben Werkes eine treffliche Beschreibung der praktischen Durchführung dieser Principien folgt, sei denjenigen Lesern, die sich für diesen Gegenstand besonders interessiren sollten, wärmstens empfohlen. Die neueren Werke behandeln diesen Gegenstand entweder gar nicht oder nur mit geringer Ausführlichkeit, weil, wie oben erwähnt, die bildumkehrenden Apparate heutzutage in der Technik des modernen Mikroskopes durch die vervollkommneten Präparirmikroskope an Bedeutung verloren haben. Immerhin haben bildumkehrende, zusammengesetzte Mikroskope auch ihre Vortheile beim Präpariren und es hat neuerer Zeit Zeiss in Jena in Verbindung mit einem „binoculär-stereoskopischen Tubus" ein bildumkehrendes Mikroskop speciell zur Präparation von Eiern, Embryonen, Insecten u. dgl. construirt.

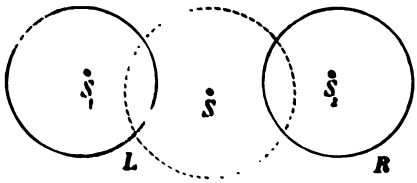


Fig. 94.

Wir können bei dieser Gelegenheit nicht umhin, gleich zu besprechen, was ein stereoskopischer Tubus ist. Bekanntlich kann man mit einem Auge keinen körperlichen (stereoskopischen) Eindruck erzielen; erst die Benützung beider Augen ergibt einen solchen Effect, den wir so sehr von Kindheit an gewöhnt werden, dass wir ihn auch dann geistig mit Beachtung der Schatten supponiren, wenn wir mit einem der beiden Augen sehen und das andere Auge etwa zukneifen. Jedes Auge erzeugt, wie man sich durch abwechselndes Auf- und Zumachen bald des einen, bald des anderen Auges leicht überzeugen kann, ein etwas verschiedenes Bild. Blickt man dabei etwa auf einen mit der Spitze gegen die Nasenwurzel gerichteten regelmässigen Kegel, dessen Spitze S also in Wahrheit genau centrisch steht (Fig. 94), so sieht man mit dem rechten Auge die Kegelspitze nach links verschoben (S_1), mit dem linken Auge nach rechts (S_2). Mit beiden Augen sehen wir den Kegel so wie er ist, als regelmässigen Körper, der die Spitze in S gleichweit von der Peripherie des Grundkreises hat. Das gleichzeitige Sehen mit beiden Augen bewirkt nämlich, dass beide Bilder L und R zusammen auf- und zur Anschauung des Körperlichen zusammengefasst werden. Beim gewöhnlichen Mikroskop macht, da man nur mit einem Auge hindurchblickt, die Deutung der körperlichen Beschaffenheit des Gesehenen Schwierigkeiten und, wie wir später hören werden, haben Gelehrte eigene Regeln aufgestellt, um mit Hilfe der Einstellvorrichtungen Erhöhungen

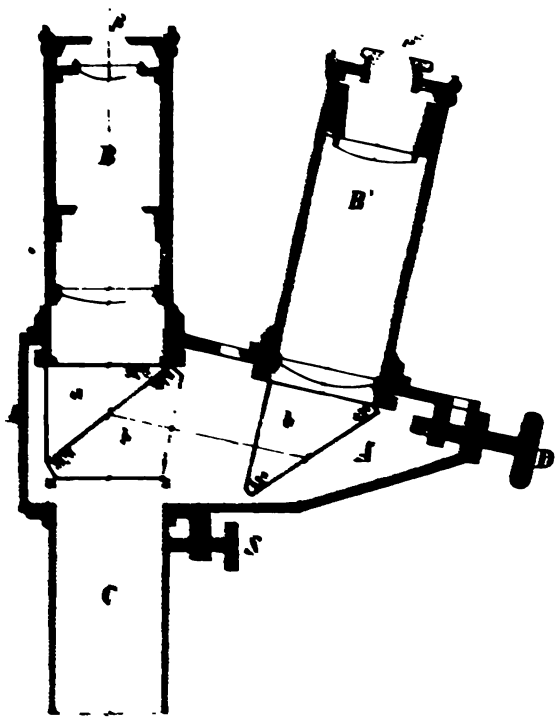


Fig. 95.

[illegible] Es lag daher nahe, das Mikro- [illegible] Objecte besser wahrzu- [illegible] ein binoculäres Mikroskop [illegible] welches aus zwei voll- [illegible] eingerichteten und unter- [illegible] „Stereoskopie" beim Mikroskop [illegible] durch Prismen theilte. [illegible] stereoskopische Bilder zu erzielen. [illegible] bei Mitte des 19. Jahrhunderts

und man wird, bei Anwendung der verschiedenen Vergrösserungen mit der schwächsten beginnend, meist sehr lehrreiche Ansichten von im Wasser befindlichen Luftbläschen neben Fetttröpfchen erhalten. Dabei muss die Mikrometerschraube beständig angewendet werden, um die verschiedensten Ansichten zwischen den Extremen, der sogenannten tiefsten und höchsten Einstellung zu gewinnen.

Der berühmte Hallensische Gelehrte Professor Welcker hat besonders auf die Wichtigkeit dieses Gebrauches der feinen Einstellvorrichtung hingewiesen, um die Form der Structurelemente beurtheilen zu können. Er sagt hierüber: „Zeigt ein Object den lebhaftesten Glanz beim Erheben des Tubus, so hat man den Tubus auf den Gipfel einer Erhabenheit hinaufgehoben (wir haben es also in diesem Falle mit einem convexen Körper zu thun); zeigt sich aber der Glanz beim Senken des Tubus, so hat man den Tubus in eine Tiefe hinabgesenkt (der uns in diesem Falle beschäftigende Körper ist also concav)."

Diese goldene Regel Welcker's wird uns vor manchen Irrthümern[1]) bewahren. Ebenso auch der Wechsel der Beleuchtung, und zwar sowohl der geraden als der schiefen, der gemässigten als der schwachen. Jedes Mikroskop, welches mit Plan- und Concavspiegel auf schief stellbarem Arme versehen ist und eine Cylinderblende hat — und dies ist jetzt, wie wir oben gesehen haben, auch bei den billigeren Stativen der Fall — gestattet eine sehr vielseitige

Fig. 100 *A*. Fig. 100 *B*.

Beleuchtung eines und desselben Objectes und der Anfänger mache von derselben recht häufigen Gebrauch. Er wird bald die zweckmässigste Beleuchtung, welche, wie wir oben dargelegt haben, eine andere ist, wenn es sich um Hervorhebung von Farben und Durchleuchtung voluminöser Objecte handelt, und wieder eine andere, wenn zarte Structuren zum Vorschein kommen sollen — durch Uebung herausfinden lernen. Die Regeln, betreffend Anwendung der Condensoren und insbesondere des Abbe'schen Beleuchtungsapparates, wurden oben bei Besprechung dieser Behelfe ebenfalls bereits besprochen. Wer einen solchen Apparat besitzt, übe sich an gefärbten und ungefärbten Fasern, an Luftbläschen, Fetttröpfchen und den verschiedenen Probeobjecten, wie man sie ja zum Mikroskope dazu zu bekommen pflegt, fleissig in dessen Gebrauche ein.

Insbesondere versuche man auch den Gebrauch der Sternblende, falls eine solche oder ein mit ähnlicher Vorrichtung versehener Beleuchtungsapparat dem

[1]) Um auch hohle Gebilde von länglicher Gestalt (Röhren) ohne Irrthum unter dem Mikroskope als solche zu erkennen und von massiven Gebilden zu unterscheiden, ziehe man in einer Spiritus- oder Bunsenflamme ein dünnes Glasröhrchen zu einem feinen Glasfaden aus und bringe Fragmente davon theils trocken, theils in Wasser oder Glycerin, Oel u. dgl eingebettet unter das Mikroskop. Bei verschiedenen Beleuchtungen und verschiedenen Einstellungen und Vergrösserungen wird man sehr lehrreiche Bilder sehen. Beispiele massiver Gebilde geben die Seidenfäden.

der durch ein Mikroskop geblickt hat, selbst denken wird, das Gesichtsfeld vor. Gerstenstärke zeigt Fig. 100 *D* in 500facher Vergrösserung.

Fig. 100 *E* zeigt Reisstärkekörner, und zwar *e* einfache, *b* Bruchstücke, bestehend aus mehreren einfachen, und *z* zusammengesetzte Stärkekörner von Oryza (Reis). Da Reisstärke zum Pudern des Gesichtes sowohl als auch zu vielen technischen Zwecken Verwendung findet, so kommen derlei Körner häufig im Zimmer- und Strassenstaube vor und können so in die Präparate gelangen. Aehnliche Körner kommen im Hafermehl vor, nur sind die Bruchstücke oft apfelkern- oder birnförmig gestaltet, doch kommen auch unregelmässig polygonale Körnerfragmente vor. Die zusammengesetzten Hafermehlkörner lassen meist erst bei 400—500maliger Vergrösserung die Zusammensetzung aus einzelnen einfachen Körnern erkennen. Auch Haferstärkekörnchen sind im Strassenstaube häufige Vorkommnisse und können als ungebetene Gäste in mikroskopische Präparate gelangen.

Dieser Leitfaden der Technik des modernen Mikroskopes müsste aber zu einer Naturgeschichte auswachsen, wollten wir alle im Strassen- und Zimmerstaube schwebenden Dinge, die also leicht zufällig in mikroskopische Präparate gelangen können, ohne dass man es haben will, anführen.

Man kann sich mit ihnen leicht vertraut machen und sich dabei überdies in der Handhabung des Mikroskopes üben,. wenn man einen in der Mitte mit etwas Glycerin bestrichenen Objectträger an eine dem Staube ausgesetzte Stelle legt, nach etwa 24 Stunden ein Deckglas auf die Mitte des Objectträgers und diesen selbst unter das Mikroskop bringt. Wiederholte derlei Proben haben ergeben, dass dieser Staub ein anderer ist in einem mit Teppichen belegten oder tapezirten Zimmer, ein anderer in einem kahlen Laboratorium; dass der Staub eines in der Nähe von Getreidespeichern gelegenen Arbeitszimmers ein anderer sein wird, als etwa der eines Zeltes in der Sahara, ist einleuchtend. Fremde Objecte im Präparate können aber auch vorgetäuscht werden durch Staub und Kritzel auf den Gläsern des Objectträgers, des Deckglases und des Oculars, seltener den oberen Linsen des Objectivs. Dreht man das Ocular oder Objectiv, so scheinen sich die Verunreinigungen dieser optischen Theile mitzudrehen. Auch die Glasplättchen der alsbald weiter unten zu besprechenden Ocularmikrometer können Kritzel oder Staub enthalten. Kritzel muss man sich merken, den Staub mit weichem, reinem Pinsel, eventuell auch mit Rehleder beseitigen.

§ **62.** Auffallen werden auch dem Anfänger die ihm mitunter scheinbar als Objecte im Gesichtsfelde sich darstellenden „entoptischen Erscheinungen“, das sind Erscheinungen, welche im Auge selbst ihre Ursache haben, von dem Beschauer aber in das Gesichtsfeld des Mikroskopes verlegt werden. Der Classiker der mikroskopischen Technik, der alte Ph. Harting, sagt in seinem berühmten Werke: „Das Mikroskop, Theorie, Gebrauch, Geschichte und gegenwärtiger Zustand desselben“, deutsche Originalausgabe von Dr. Fr. Wilh. Theile, Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1859, auf Seite 86 (§ 102 u. ff.) über die hier in Betracht kommenden Ursachen der vorgenannten „entoptischen Erscheinungen“ Folgendes: „Wären die Medien, aus denen das Auge zusammengesetzt ist, vollkommen durchsichtig und hell, so würde auf der erhellten Oberfläche der Netzhaut nirgends ein Schattenbild entstehen können, so lange nicht ein ausserhalb des Auges befindliches Object ein solches erzeugte. Die vollkommenste Durchsichtigkeit der Augenmedien, wenn sie überhaupt vorkommt, wird jedoch nur höchst selten angetroffen, und da die Netzhaut von allen Objecten, die ihr den Zutritt der Lichtstrahlen beeinträchtigen, ein Schattenbildchen empfängt, so werden, wie von den ausserhalb des Auges befindlichen Objecten, ebenso auch von jenen im Auge selbst vorkommenden auf der Netz-

[illegible] Oeffnung [illegible] Kenntniss [illegible] weniger scharf be[illegible] stark erhellte Oberfläche [illegible] weisse Wand oder auf ein Blatt [illegible] Kugel einer Lampe. Man wird dann [illegible] erhellte Gesichtsfeld wahrnehmen, und indem [illegible] schliesst und öffnet, wird man zugleich wahrnehmen, [illegible] kleiner wird, je nachdem sich die Pupille [illegible] dunkle Rand, durch welchen das Gesichtsfeld [illegible] in der That nichts anderes als das Schattenbild der Iris des [illegible]. Auf letzterem zeigen sich auch Schattenbildchen [illegible] zwischen dieser und der kleinen Oeffnung be[illegible] Bildchen somit von Objecten kommen, die unter einem [illegible] wahrgenommen werden, so müssen sie noth[illegible] im Vergleich zu den erzeugenden Objecten eine sehr an[illegible] in dem Falle, wenn ein sehr feines [illegible] vor die Oeffnung gehalten wird. [illegible] Cilien (Augenwimpern) auf der [illegible] des Auges vor die Oeffnung [illegible] dass die [illegible]

verschwinden. Solche Gläser beseitigt man, wenn deren Fehler in der Mitte oder in einem Umkreise von einem Centimeter von der Mitte liegen; sonst sind sie, namentlich für kleinere Objecte, ganz gut zu verwenden. Auch die sonstigen Hilfsmittel, mit denen ein Object vor seiner mikroskopischen Untersuchung in Berührung kommt, müssen sehr rein gehalten werden, will man (namentlich gilt dies für den Anfänger) grobe Irrthümer und Blamagen vermeiden.

Ein classisches Beispiel dafür bietet jener junge Arzt, welcher seine geputzten Deckgläschen in einer ausgeleerten Pillenschachtel aufbewahrte und als er dann einen krankhaften Stuhl zu untersuchen hatte, in den an dem Deckgläschen haften gebliebenen Pollenkörnern des Bärlapps (Semen lycopodii), welche ja bekanntlich das gelbe Pulver bilden, in welchem von den Apothekern die Pillen, um ihr Zusammenkleben zu vermeiden, in die Pillenschachtel eingelegt zu werden pflegen, Eier eines Riesenpallisadenwurmes zu erkennen glaubte. Die Consequenz war, dass er ein Blutgerinsel in dem Stuhle für den Riesenpallisadenwurm selbst hielt und beides in einer mit einer lithographirten Tafel ausgestatteten Monographie wissenschaftlich genau beschrieb![1])

Hier möchte ich noch bemerken, dass es nicht überflüssig für den angehenden Mikroskopiker ist, sich keine Gelegenheit entgehen zu lassen, um Gegenstände, die seinem Fache fremd sein mögen, durch das Mikroskop zu betrachten; ohnehin muss jeder die von Harting sogenannte Periode der naiven Verwunderung über alles Neue, was er durch das Mikroskop sieht, mitmachen, der in den Besitz eines Mikroskopes kommt. Ich möchte mich nicht mit Harting darüber lustig machen, dass solche Leute jetzt eine Mücke oder Fliege, dann wieder ein Stückchen Spitze oder Gaze oder einen glänzend gefärbten Schmetterlingsflügel oder wohl auch ein paar Käsemilben unter ihr Mikroskop bringen und bewundern, denn gerade diese Periode der Benützung des Mikroskopes als Kaleidoskop vermag vor Irrthümern in der Periode ernsten Schaffens in dem meistens eng begrenzten Specialfache, in welcher man zu derlei Besichtigungen von Objecten, die diesem Specialfache ferne liegen, keine Zeit und Lust hat, zu bewahren! Hätte jener junge Arzt etwa aus Neugierde oder naiver Schaulust jemals etwas von dem gelben Pulver einer Pillenschachtel unter sein Mikroskop gebracht gehabt, er wäre, auch wenn er schon den Fehler der Aufbewahrung der Deckgläschen in einer gebrauchten, mangehaft gereinigten Pillenschachtel begangen gehabt hätte, von der Blamage bewahrt geblieben, Bärlappsamen für Eier eines Riesenpallisadenwurmes zu halten und, sowie ein Irrthum stets den anderen nach sich zieht, in weiterer Consequenz ein Blutgerinsel für den Wurm selbst! Erst der Dresdener Arzt Dr. Zenker[2]) erkannte in den vermeintlichen Eiern die Bärlappsamen!

§ **63**. Wir haben dieses eine Beispiel als Warnung ausführlich behandelt und müssen dem angehenden Mikroskopiker grossen Eifer in der Besichtigung recht vieler Naturkörper unter dem Mikroskope empfehlen, damit er sich dann in dem etwa gewählten Specialfache nicht durch unbekannte und für etwas ganz Anderes gehaltene Vorkommnisse täuschen lasse. Strenge Selbstkritik bei der Deutung des Geschauten, Berücksichtigung des wesentlichen Unterschiedes zwischen der mikroskopischen Beobachtung und derjenigen mit unbewaffnetem Auge, welcher wohl hauptsächlich darin besteht, dass man beim Mikroskopiren meistens bei durchfallendem Lichte beobachtet und das Bild im Mikroskope im Allgemeinen nur über eine ganz bestimmte Ebene des zu beobachtenden Objectes Aufschluss zu geben vermag, so dass man somit in diesem Falle nur durch die mittelst beständiger Handhabung der Mikrometerschraube

[1]) Vgl. S. 21 der Brochure: „Die Schmarotzer mit besonderer Berücksichtigung der für den Menschen wichtigen" von Dr. Arnold Heller, Prof. der Medicin in Kiel. R. Oldenbourg's Verlag, Leipzig 1880.

[2]) Derselbe, der 1860 im Dresdener Krankenhause in der Leiche eines an einer räthselhaften Krankheit verstorbenen Dienstmädchens die Trichinen als Krankheitserreger auffand.

genau gearbeitet sein, um brauchbare Resultate zu ergeben und der Fehler stieg mit der Vergrösserung.

Uebrigens verfertigt Carl Zeiss in Jena Objecttische, welche zu sehr genauen Messungen solcher Objecte mittelst Schraubenmikrometers auch heute noch, wo man billigere Messbehelfe besitzt, mit Vortheil dienen, besonders falls die zu messenden Objecte grösser sind, als das Gesichtsfeld.

Fig. 101 *a* und 101 *b* stellen einen solchen „Messtisch", welcher auf circa 140 bis 150 Kronen zu stehen kommt, dar, und zwar Fig. 101 *a* von oben, Fig. 101 *b* im Durchschnitte betrachtet. In beiden Figuren bezeichnen dieselben Buchstaben dieselben Theile.

t ist die eigentliche Tischplatte, auf welcher sich eine behufs Orientirung des Objectes und auch behufs Ermöglichung von Winkelmessungen kreisrund geformte, mit der Objecttischöffnung *O*, sowie den Klammern zum Festhalten des Präparates versehene Scheibe *Sch* dreht. Die Drehung kann mit Hilfe einer rechts sichtbaren Marke an einer am Umfange der Scheibe angebrachten Gradeintheilung (in 360°) abgelesen werden. Die Mikrometerschraube *m*, welche mittelst des Knopfes *A* gedreht werden kann, verschiebt mittelst des in Fig. 101 *a* ersichtlichen Schlittens *sch* die Scheibe *Sch* von rechts nach links. Ist die Höhe eines Schraubenganges z. B. 0·4 *mm*, so verschiebt sich das zu messende Object bei einer Umdrehung um 0·4 *mm*. An dem Schraubengriffe *A* ist nun noch die Trommel *Tr* angebracht, welche am Rande in 200 Theile getheilt ist. Ein Theil dieser Randeintheilung entspricht also 0·002 *mm*. Die ganzen Umdrehungen der Schraube gibt mit Hilfe einer kleinen Uebersetzung der Zeiger *Z* an.

Man kann so Objecte, welche bis zu 1 *cm* lang sind, mit einer Genauigkeit bis zu 0·002 *mm* messen. Freilich steigt auch hier ein etwaiger Fehler mit dem Steigen der Vergrösserung, denn er wird mit vergrössert.

Deshalb verlegte man in sehr zweckmässiger Weise die Messschrauben in das Ocular und mass dann nicht das Object direct, sondern blos dessen vergrössertes Bild. Da nun die durch das Objectiv bewirkte Vergrösserung des Bildes im Verhältniss zu jener im Oculare eine sehr grosse ist, so musste der Fehler bei der Messung mit der Vergrösserungszunahme eher ab- als zunehmen. Carl Zeiss in Jena hat ein Ocularschraubenmikrometer mit Ramsden'schem Oculare und neuerer Zeit auch mit Compensations-Ocular construirt, bei welchem ein Strichkreuz auf einer Glasplatte sammt dem ganzen Oculare durch die Messschraube über dem vom Objective entworfenen Bilde fortgeführt wird; hier entspricht ein Intervall der Trommeltheilung 0·001 *mm* und man kann damit Längen bis zu 4 *mm* messen. Natürlich wechselt hier der Werth einer Trommeldrehung mit der angewendeten Objectivvergrösserung. Man bestimmt sie auf ähnliche Weise mit Hilfe eines Objectisch-Glasmikrometers, wie dies im Folgenden bezüglich des Werthes der Ocular-(Glas-)Mikrometertheilungen beschrieben werden wird, und verweisen wir, um Wiederholungen zu vermeiden, auf das Folgende. Erwähnen wollen wir noch, dass das Zeiss'sche Ocularschraubenmikrometer eine Einrichtung besitzt, wodurch die ganzen Umdrehungen ähnlich wie beim Objecttisch-Schraubenmikrometer mittelst des Zifferblattes *Z* an einer im Gesichtsfelde sichtbaren Scala gezählt werden. Versieht man die Trommeltheilungen der benannten Apparate mit Nonius, so können noch viel feinere Ablesungen erfolgen. Ein Ocularschraubenmikrometer kostet bei Zeiss circa 90—105 Mark, bei Reichert 70 Kronen ö. W.

Aehnlich zu verwenden sind die Ocularspitzenmikrometer, bei welchen das Bild des zu messenden Objectes oder der zu messenden Distanz zwischen zwei mittelst Schrauben beweglichen Spitzen, welche im Ocular in der Ebene der Blendung sich befinden, gleichwie zwischen Cirkelspitzen gefasst und mit Hilfe eines zur Vergleichung dienenden Objectivglasmikrometers der wahre Werth der Distanz beider Spitzen, ähnlich wie wir dies gleich bezüglich der

Ocularglasmikrometer besprechen werden, bestimmt wird. Ausserdem gibt es noch sehr zahlreiche Methoden und Apparate zur Vornahme von Messungen unter dem Mikroskope, doch können sie als nicht gebräuchlich in diesem Leitfaden übergangen werden.

Heutzutage sind am gebräuchlichsten die sogenannten Glasmikrometer, das sind sehr genaue Theilungen auf Glas. Man kann nämlich mit feinen Theilmaschinen in Glas sehr feine Theilungen mit Diamant einritzen. Wie weit dies mit Hilfe einer genial erdachten Vorrichtung getrieben werden kann, beweisen die von Nobert hergestellten sogenannten Probeplatten, in welche Theilungen von hoher Feinheit eingeritzt sind, und wir haben diese Platten schon oben (Seite 110 und 127) als Mittel zur directen Prüfung des optischen Vermögens der Objective kennen gelernt. Hier erwähnen wir ihrer blos, um in Erinnerungzu bringen, wie unendlich feine Theilungen man auf Glas herstellen kann; so feiner bedarf man aber zu den Zwecken der Messung durchaus nicht.

Man denke sich einen Millimeter auf einem Objectträger in 100 Theile getheilt. Diesen bringt man auf den Objecttisch des Mikroskopes und legt nun darauf das Object, dessen Länge man erfahren will. Blickt man nun durch das Mikroskop und sieht, das Object, z. B. eine Milbe, bedecke drei kleinste Theile des Massstabes, so wird man sagen, die Milbe hat $^3/_{100}$ *mm* Länge. Doch gilt hier dasselbe wie beim Objectisch-Schraubenmikrometer: Jeder Fehler der Theilung erscheint vergrössert. Auch würde das Mikrometer auf diese Art beschmutzt und beim Reinigen die Theilung lädirt; man könnte auch fertige Präparate, die sich schon auf einem anderen Objectträger befinden, gar nicht messen, da sie in einem vom Glasmikrometer verschiedenen Niveau liegen und daher nicht gleich deutlich mit dem Massstabe erscheinen würden. Deshalb verlegt man das Mikrometer heutzutage in das Ocular, indem man eine runde, in Messing gefasste, getheilte Glasplatte (Fig. 102) so auf die Blendung des Oculars bringt, dass die Theilung durch die Ocularlinse vergrössert, aber scharf und deutlich erscheint; diese Vorrichtung heisst Ocularmikrometer und kostet sehr wenig, z. B. bei Merker oder Ebeling 5 Kronen, bei Reichert in Wien und Zeiss in Jena 6 Kronen ö. W.; ist das Ocular eigens für die Aufnahme und Feststellung des Mikrometers, sowie die Einstellung der Ocularlinse durch Verschiebung mittelst steil steigender Schraube (sogenannter „Schneckenschlitz") oder blosser Schiebung eingerichtet, so heisst man es Mikrometerocular; es lässt sich dann auch mit einer Schraube zum Verschieben des Massstabes über dem Gesichtsfelde einrichten und kostet 18 bis 50 Kronen ö. W., je nach der Feinheit und Genauigkeit der Ausführung. Da heutzutage bewegliche Objecttische wieder sehr häufig anzutreffen sind und die Einstellung des Objectes beim Messen auf die Theilung das Einstellen der Theilung auf den Gegenstand ersetzt und so die Beweglichkeit des Massstabes überflüssig erscheinen lässt, so werden die Mikrometeroculare der modernen Mikroskope meist mit festliegender Theilung angefertigt.

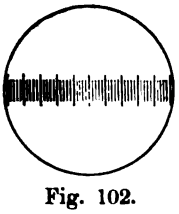


Fig. 102.

Carl Zeiss in Jena liefert solche Mikrometeroculare als Compensationsoculare Nr. 6 mit einerTheilung, welche in Relation zu den von den Zeiss'schen Apochromaten gelieferten Vergrösserungen steht.

Die rationelle Abstufung in der Brennweite der Apochromate hat es nämlich ermöglicht, für die mit den von Carl Zeiss gelieferten Systemen zu machenden Messungen eine wesentliche Vereinfachung sowohl in rechnerischer als in tabellarischer Beziehung einzuführen. Das zum Gebrauche mit denselben angefertigte Mikrometerocular besteht aus einem in der bisherigen Form ge-

fassten Compensationsocular 6 (neue Construction) und einer Theilung, deren Intervall für ein ideelles System von 1·0 *mm* Brennweite (unter Voraussetzung der normalen Tubuslänge) = 0·001 *mm* ist.

Der Werth eines Intervalles steigt bei dieser Einrichtung in demselben Verhältnisse und in den gleichen Zahlen, wie die Brennweite der Systeme, ist also:

0·0020 *mm*	für Apochromat	2·0 *mm*	(1·30 und 1·40 N. A.)
0·0025 „	„ „	2·5 „	
0·0030 „	„ „	3·0 „	(1·30 und 1·40 N. A.)
0·0040 *mm*	für Apochromat	4·0 „	
0·0080 „	„ „	8·0 „	
0·0160 „	„ „	16·0 „	

so dass die Benennung jedes Systems zugleich auch die Mikrometertheilung in Bezug auf dasselbe charakterisirt, indem das Intervall derselben so viel Tausendstel Millimeter Länge bedeutet, wie das gerade benutzte System Millimeter Brennweite hat.

Für den gewöhnlichen Gebrauch gewährt daher dieses Compensationsocular 6 bei unseren Apochromaten den Vortheil einer vereinfachten Rechnung und macht die Aufstellung einer besonderen Werthtabelle überhaupt überflüssig, da die betreffenden Zahlen durch die Benennungszahlen der Objective ausgedrückt sind. Bei C. Reichert ist das Arbeits-Compensationsocular 6 so eingerichtet, dass, wenn in dasselbe das gewöhnliche Ocularmikrometer, bei dem 10 *mm* in 100 Theile getheilt sind, eingelegt wird, es genau dieselben Bequemlichkeiten gewährt, wie Zeiss' Messocular.

Mit solchen Apparaten kann man Messungen bis zu einer Genauigkeit von 0·001 *mm* vornehmen, und ein Ocularmikrometer zum Einlegen in ein Ocular (in welches, gibt der Verkäufer an) sollte auch beim billigsten Mikroskope mitbezogen werden. Im Wege verkleinerter Photographie stellt man jetzt solche Mikrometer mit Bezifferung her, welche 10 *mm* in 100 Theile getheilt enthalten, höchstens 7 Kronen ö. W. kosten und meiner Erfahrung nach sehr bequem sind.

Das Mikrometer im Ocular ist aber kein absoluter Massstab, wie jenes auf dem Objecttische; seine Geltung ist eine relative und wird vom Verkäufer, wenn man das ganze Mikroskop gleich mit einem Ocularmikrometer bestellt, in einer Tabelle für die verschiedenen Objectivsysteme angegeben oder man bestimmt sich die Geltung mit Hilfe eines Objecttisch-Glasmikrometers und legt sich die Tabelle selbst an, falls nicht eine solche Tabelle durch die Brennweiten der Objective selbst gegeben ist, wie wir dies beim Compensations-Messocular eben gehört haben. Ein Beispiel wird dies erläutern. Das gläserne Objecttischmikrometer sei in 100 Theile eines Millimeters getheilt; wenn nun bei dem Oculare, in welches das Ocularmikrometer eingelegt ist, combinirt mit dem schwächsten Objectivsysteme, 20 Theile des Objecttischmikrometers mit 4 Theilen des Ocularmikrometers zusammenfallen, so hat bei dieser Vergrösserung (und diese muss durch eine Marke an dem etwa ausschiebbaren Tubus ein- für allemal fixirt werden, da sie bei eingeschobenem Tubus kleiner, bei ausgezogenem grösser wird[1]) ein kleinster Theil des Ocularmikrometers den Werth 0·05 *mm*. Entsprechen bei Anwendung eines stärkeren Objectivsystemes und der durch die Marke, die am Tubusauszuge gemacht wurde, fixirten Tubuslänge 10 Theile des Ocularmikrometers 8 Theilen des Objecttischmikrometers, so hat man bei dieser Combination einen kleinsten Theil des Ocularmikrometers gleich dem Werthe 0·008 *mm* zu setzen. Nimmt man nun das Objecttischmikrometer weg

[1]) Bei Mikroskopstativen mit getheiltem Tubusauszug nimmt man eine Tubuslänge von 160 *mm* als normale an.

und legt ein zu messendes Object auf den Objecttisch, so wird man die Theilung des Ocularmikrometers über dem Objecte schweben sehen und kann nun, da man den Werth eines Ocularmikrometertheiles kennt, das Object messen. Bedeckt es z. B. scheinbar 18 Ocularmikrometertheile, so misst es 18mal 0·008, d. i. 0·144 *mm*. Da die vielen Decimalstellen nicht sehr bequem sind, hat man als Einheit in der Mikroskopie das Tausendstel Millimeter unter dem Namen Mikron kurzweg mit dem griechischen Buchstaben μ bezeichnet eingeführt und so entspräche die im vorigen Beispiele ermittelte Länge des Objectes 144 μ.

Man hat auch Netzmikrometer [1]), d. i. Flächenmasse, und zwar sowohl Objecttischnetzmikrometer als als auch Ocularnetzmikrometer. Das letztere hat natürlich wieder nur relativen Werth. Man sieht leicht ein, dass das Netzmikrometer zu Zählungen dienen kann, z. B. wie viel Bacterien auf $^1/_{100}$ mm^2 des Gesichtsfeldes kommen. Fertigt man eine sehr seichte, etwa $^1/_{10}$ *mm* tiefe Glaswanne von 1 cm^2 Basis und theilt den Quadratcentimeter durch netzförmige Theilung in 100 mm^2, so kann man die Anzahl von Körperchen in einem gewissen Cubikinhalte einer Flüssigkeit, z. B. Hefe oder Blut, unter dem Mikroskope abschätzen. Da zu solchen Apparaten eine genaue Gebrauchsanweisung gegeben wird, so brauchen wir hier darauf nicht näher einzugehen. [2])

---

[1]) Vergl Fig 8 in diesem Leitfaden auf Seite 16. Ein Netzmikrometer sieht nämlich in einem guten Mikroskope so aus.

[2]) Miescher, Dr. Türk, Zappert, Etzholtz u. a. m. haben derlei Apparate theils angegeben, theils verbessert; doch ist ein Apparat, den Professor Thoma erfunden und Carl Zeiss besonders sorgfältig ausgeführt hat, am meisten verbreitet. Fig. 108 stellt einen solchen Blutkörperchen-Zählapparat (Haemocytometer) nach Professor Thoma in Etui vor. In Wien ist bei Reichert ein derartiger Blutkörper-Zählapparat erhältlich, ebenso bei L. Merker, Fritz Ebeling oder R. Siebert. In den sogenannten „Melangeur" *M* (Mischpipette, auch „Schüttelmischer" genannt) wird der zu untersuchenden Person durch Oeffnen eines kleinen Gefässchens entnommenes Blut mittelst des Mundstückes *S* aufgesaugt, und zwar in einer an der Theilung genau bestimmten Menge, so dass man das Volum der aufgesogenen Flüssigkeit kennt. Dann wird durch weiteres Saugen eine für Blut indifferente Verdünnungsflüssigkeit (Zuckerlösung

Fig. 108.

mit etwas Kochsalz) abgemessen und durch Schütteln dieser mit der Blutmenge gemischt (daher der Name „Melangeur"). Zur Bestimmung der rothen Blutkörperchen geschieht die Mischung mit der Verdünnungsflüssigkeit im Verhältniss von 1 : 100. Hierauf wird das Gemisch in die 0·1 *mm* tiefe Zählkammer *Z* ausgeblasen und nun unter dem Mikroskope etwa mit Reichert's Objectiv 5 und Ocular 3 nach Bedeckung mit einem sehr ebenen starken Deckglase von 0·4—0·5 *mm* Dike die auf die einzelnen Felder der Netztheilung (1 mm^2 in 400 Theile, der Zählkammer entfallenden rothen Blutzellen gezählt. Will man die weissen Blutzellen ebenfalls zählen, bedarf man noch eines zweiten Melangeurs. Dieser zweite Melangeur ist für eine Verdünnung von 1 : 10 bestimmt. Der ganze Apparat mit beiden Melangeuren kostet circa 40 Kronen ö. W. Jedem Apparate ist übrigens eine genaue Gebrauchsanweisung beigegeben, so dass wir hier nicht näher auf die Technik derselben eingehen zu sollen glauben. Einen solchen Apparat kann aber nach Ranke — falls man über einen deckglasartigen Glas-Netzmikrometerstab verfügt — ein innen cylinderförmiges Thermometerröhrchen einigermassen ersetzen, nur ist es dann allerdings

Wir haben nun die Art und Weise angedeutet, wie man die Längen-. Flächen- und Cubikmessungen unter dem Mikroskope vornimmt, müssen aber — wie oben auf Seite 59 dieses Buches bei Besprechung der Stative anlässlich der Erwähnung der Verwerthung der getheilten Einstell-Mikrometerschraube als Dickenmesser („Focimeter") versprochen wurde — auf diese Vorrichtung zurückkommen. Nehmen wir an, der Umfang einer Mikrometer-Einstellschraube sei in 100 Theile getheilt, ein Schraubengang habe $^1/_4$ *mm* Höhe, so verändert eine ganze Umdrehung der Schraube den Focalabstand des Objectives von der eben eingestellten Durchschnittsebene („optischer Durchschnitt") um 0·25 *mm* Höhe, folglich bei einer um $^1/_{100}$ Theil des Umfanges um 0·0025 *mm* Höhe. Stellt man nun auf die obere Fläche eines mikroskopischen Objectes, z. B. eines Hollundermark-Querschnittes, scharf ein, notirt den Stand der Schraube, stellt dann auf die untere Fläche dieses Querschnittes ein, notirt wieder den Stand der Schraube und die Differenz ergebe 25 Theile des getheilten Schraubenumfanges, so ist der Hollundermark-Querschnitt $25 \times 0{\cdot}0025$ *mm* 0·0625 *mm* dick.

Dieses Resultat ist aber nur theilweise genau, und zwar aus folgenden. nach Prof. Dr. Julius Vogel in Halle leicht fasslich dargestellten Gründen.

Die Augen der Menschen haben eine etwas veränderliche Sehweite, weshalb sie durch eigenthümliche, mit Willkür hervorbringbare Veränderungen bis zu einem gewissen Grade zum deutlichen Sehen sowohl entfernter als näherer Gegenstände fähig gemacht werden.

Man nennt dies das Accomodationsvermögen [1]). Dasselbe gilt auch beim Sehen durch das Mikroskop in höherem Grade bei schwachen, in viel geringerem Grade bei stärkeren Vergrösserungen. Grössenbestimmungen mit dem Focimeter werden aus diesem Grunde ungenau, wenn man bei denselben das Auge bei Bestimmung des einen Endpunktes für nahe, bei der des anderen für entfernte Gegenstände accomodirt. Bei Personen, welche ein sehr geringes Accomodationsvermögen besitzen, die also entweder sehr kurzsichtig oder sehr weitsichtig sind, fällt diese Fehlerquelle weg; für solche mit gut accomodirenden Augen wird sie wenigstens geringer, wenn sie ihre Messungen nur bei Anwendung sehr starker Vergrösserung anstellen. Wer solche Messungen behufs Ermittelung noch unbekannter Grössenverhältnisse an-

sehr wünschenswerth, wenn man eine grössere, leicht messbare Menge Blutes, etwa 1 *cm*³ entnimmt. wie man sich solche durch Schröpfen jederzeit leicht verschaffen kann. Man mischt dann 1 *cm*³ des zu untersuchenden Blutes mit etwa 100 *cm*³ schwacher Zuckerlösung (zu 100 *g* Wasser etwa 1 *g* Zucker), welche man mit etwas Kochsalz (0·8 *g*) versetzt. Man hat also dann eine hundertfach verdünnte Blutflüssigkeit vor sich. Hierauf lässt man in das Thermometerröhrchen, dessen Durchmesser (Caliber) man mittelst Ocularmikrometers bei schwächerer Objectivvergrösserung unter dem Mikroskope genau bestimmt hat, eine kleine Menge dieser Blutmischung durch die Capillarwirkung aufsaugen und misst nun die Länge der aufgesogenen Flüssigkeitssäule. Man bestimmt nun nach der Formel für den Cubikinhalt eines Cylinders das Volumen der aufgesogenen Flüssigkeitsmenge ($V = r^2 \pi l$) und da man auch das Verhältniss der Flüssigkeitsmischung zu der anfänglich gemessenen Blutprobe (100 : 1) genau kennt, so weiss man dadurch auch, wie viel Blut in dem nun abgemessenen Minimalvolum der Blutflüssigkeit enthalten ist. Der Inhalt des Thermometerröhrchens wird nun durch vorsichtiges Ausblasen auf einen Objectträger entleert, mittelst einer Nadelspitze mit einem Tröpfchen honigdicker, reiner Gummilösung vermischt und rasch zu einem länglichen Streifen ausgebreitet. Dieser Streifen erstarrt sogleich und wird nunmehr mit dem Netzmikrometer gleichwie mit einem Deckgläschen bedeckt und bei circa 200—300maliger Vergrösserung unter dem Mikroskope betrachtet, wobei man die Blutkörperchen in den Quadraten des Netzmikrometers als zackige Gebilde wahrnimmt und bequem zählen und nun berechnen kann, wie viel rothe und weisse Blutzellen in einem Cubikmillimeter Blut enthalten waren. (Normales Männerblut muss in einem Cubikmillimeter 5 Millionen rothe und 14.000 weisse Blutkörperchen, Frauenblut blos 4½ Millionen rothe Blutscheiben enthalten.) Aehnlicherweise kann man auch Hefezellen u. dgl. in Flüssigkeiten suspendirte Körperchen zählen. Ein beweglicher Objecttisch leistet beim Zählen gute Dienste, namentlich ein — wie Fig. 54 auf Seite 77 dieses Buches zeigt — eingerichteter, da er gestattet, rasch die ganze Zählkammer durch das Gesichtsfeld zu führen, ohne ein Quadrat zu vergessen. Nachet in Paris projicirt die Quadrate mittelst eines achromatischen Condensors in die Bildebene. Zu bemerken ist noch, dass auf dem im April 1900 zu Wiesbaden abgehaltenen Congresse für interne Medicin Dr. Starke aus Berka über den Thoma-Zeiss'schen Blutkörperchen-Zählapparat einen Vortrag gehalten hat, in welchem er sich dahin aussprach, dass der Luftdruckwechsel unserer Atmosphäre die Resultate dieses subtilen Apparates beeinflusse und es unrichtig sei, dass die auf hohen Bergen mit dem Apparate erhaltenen grösseren Zahlen auf eine Vermehrung der Blutkörperchen im Höhenklima zurückzuführen seien. Die Aerzte älterer Richtung theilten dagegen Starke's Ansicht nicht. (Wiener medic. Wochenschrift, Jahrg. 1900, Nr. 44, S. 2085.)

[1]) Vergl. Einleitung dieses Buches, Seite 1.

stellen will, thut gut, wenn er vorher durch Messungen bekannter Grössen ermittelt, welchen Einfluss die individuellen Verhältnisse seiner Augen dabei ausüben, wie gross daher der Fehler ist, den er dabei machen kann. Ausser der genannten gibt es aber auch noch andere Fehlerquellen bei solchen Messungen. Diese werden nämlich nur dann ganz genau, wenn die Punkte, deren Niveaudifferenz man messen will, durch eine Luftschichte[1]) von einander getrennt sind. So zum Beispiele, wenn man den Abstand von feinen Haaren misst, die seitlich aus einer senkrechten Fläche vorragen, auf der sie aufsitzen; oder verschiedene Punkte, auf der schiefen Fläche eines Crystalles, aus deren Niveaudifferenz sich die Neigung der Crystallfläche gegen die Ebene des Gesichtsfeldes berechnen lässt, wenn man gleichzeitig die horizontale Entfernung dieser Punkte mit dem Mikrometer misst. Befindet sich dagegen zwischen den beiden Punkten, deren Niveaudifferenz man bestimmen will, nicht Luft, sondern Wasser, Glas oder ein anderes durchsichtiges Medium, welches einen anderen Brechungsexponenten für die Lichtstrahlen besitzt, als Luft, so drückt die durch obige Methode gefundene Entfernung nicht mehr die wirkliche Niveaudifferenz der Punkte aus, das Resultat der Beobachtung bedarf vielmehr einer Correction. Professor Vogel führt für obige Behauptungen einige Beispiele an und wir wollen ihm in seiner Darlegung schon darum folgen, da die Fälle, die hier in Betracht kommen, auch deshalb ein gewisses Interesse darbieten, weil sie anschaulich machen, wie Deckgläschen oder Flüssigkeiten, unter welchen die unter dem Mikroskope zu betrachtenden Objecte meist zu liegen kommen, auf die Deutlichkeit des wahrgenommenen vergrösserten Bildes gewisse Einflüsse ausüben. (Vgl. § 23 d. B.) Wir gehen dabei, dem Gedankengange Professor Vogel's genau folgend, wieder von Thatsachen aus, von denen sich Jedermann selbst überzeugen kann. Man bringe irgend ein Object unter das Mikroskop, z. B. Schmetterlingsschuppen und betrachte dasselbe, indem man sorgfältig so einstellt, dass das Object möglichst scharf und deutlich erscheint. Legt man nun ein dickes Glasplättchen, etwa einen Objectträger auf den Gegenstand und beobachtet wieder, so wird man finden, dass das Bild nicht mehr scharf erscheint; man muss jetzt das Objectiv etwas höher stellen, wenn das Bild des Gegenstandes fast ebenso deutlich erscheinen soll, als früher. Legt man nun noch einen zweiten Objectträger auf, so erscheint das Bild wieder undeutlich und man muss das Objectiv nochmals höher stellen, wenn das Bild mit einiger Deutlichkeit erscheinen soll. Nimmt man nun die beiden Objectträger weg, so erscheint das Bild wieder undeutlich und erreicht erst dann das Maximum seiner Schärfe, wenn man das Objectiv wieder gesenkt und auf den ursprünglichen Stand zurückgebracht hat. Der Gegenstand ist also durch die aufgelegten Glasplatten gehoben worden, etwas, was wir theoretisch bei Besprechung des optischen Theiles und insbesondere der Immersions- und Correctionssysteme bewiesen, was wir hier aber, da es beim Arbeiten mit dem Mikroskope immer wieder hervortritt, mit den Worten Prof. Vogel's praktisch oder vielmehr experimentell dargelegt haben.

Diese Erscheinung kommt nun in Betracht, wenn man mit dem Focimeter die Dicke einer Glasplatte eines Deckgläschens u. dgl. bestimmen will, etwa in der Weise, dass man auf beiden Flächen des Deckgläschens schwache Marken mit Tinte anbringt und hierauf die Tiefendifferenz beider Marken mit dem Focimeter misst. Die obere Marke erscheint an ihrer natürlichen Stelle, die untere dagegen, über welcher ja das Glasplättchen sich befindet, erscheint gehoben. Die so gefundene Niveaudifferenz fällt also geringer aus, als die wirkliche Dicke der Glasplatte, welche man mittelst

[1]) Brechungsindex der Luft (n)=1.

[illegible] starke [illegible] Bestimmung [illegible] der [illegible] auf die Messung in [illegible] zu sprechen. [illegible] bequemsten mit [illegible] sein, d. h. in [illegible] auf flache Objecte [illegible] besteht aus einer [illegible] Oeffnung für den [illegible] Achse des Mikro- [illegible] Tubus aufgesteckt [illegible] drehen kann. In den [illegible] eingesetzt, dessen [illegible] aus drei feinen pa- [illegible] Oculare ist rechtwinklig [illegible] inem freien Ende auf

der obenerwähnten runden Scheibe spielt. Will man nun einen Flächenwinkel messen, so stellt man scharf ein, verschiebt dann das Präparat, bis der Kreuzungspunkt der den zu messenden Winkel bildenden Linien mit dem Kreuzungspunkt der beiden das Ocularfadenkreuz bildenden Fäden (nämlich des einfachen einen Fadens und des mittleren Parallelfadens des aus 3 Fäden gebildeten anderen Fadens) genau zusammenfällt und dreht dann das Ocular so, bis einer der das Fadenkreuz bildenden Fäden den einen Schenkel des zu messenden Winkels deckt. Jetzt notirt man den Stand des am Ocular befestigten Zeigers; er zeigt z. B. 40°; nun dreht man weiter bis der andere Schenkel von demselben Faden des Fadenkreuzes gedeckt wird; nun zeige der Zeiger 60°; der gemessene Winkel hat dann 60 — 40, das ist 20°. Soll das Goniometer zu sehr genauen Messungen dienen, dann bringt man am Zeiger einen Nonius an und benützt gleich einen eigenen mit dem Goniometer fest verbundenen Tubus, der in der groben Einstellung mittelst eines Klemmringes fixirt werden kann oder mit Zahn und Trieb versehen ist, damit bei Drehung des mit dem Zeiger verbundenen Oculars sich nur dieses drehe und nicht am Ende das Rohr und die mit diesem verbundene Scala die Drehung mitmachen kann.

Ausser diesem einfachen Goniometer kann auch Lesson's Doppelbild-Goniometer am Mikroskope angebracht werden, doch ist der Apparat als Nebenapparat an Mikroskopen ziemlich selten, so dass wir hier in einem Leitfaden darauf nicht näher eingehen können, nur das wollen wir hier bemerken, dass dieses Goniometer mittelst eines Prismas von Doppelspath (Kalkspath) zwei Bilder des Crystalles zeigt, an dem man die Flächenwinkel messen will.

Dreht man nun die an dem Apparate angebrachte, mit Kreistheilung versehene Scheibe, so liegen die zwei Bilder des Crystalles verschieden übereinander, je nachdem man dreht. Dreht man, bis sich die einen Schenkel beider Bilder decken und notirt den Stand der Scala an einem feststehenden, mit Nonius versehenen Zeiger, dreht dann weiter, bis sich die anderen Schenkel im Doppelbilde decken und notirt wieder den Stand, so gibt die Differenz der beiden notirten Stände die Winkelgrösse an. Mit dem Doppelbild-Goniometer kann man bis auf eine Minute und darunter genau messen und entfällt hier das ohne beweglichen Objecttisch nicht ganz leichte Einstellen in das Fadenkreuz gänzlich. Auch mittelst eines um die optische Achse drehbaren runden Objecttisches,[1]) der am Rande eine Kreistheilung trägt, und eines feststehenden Fadenkreuz-Oculares kann man Winkel unter dem Mikroskope messen; diese Vorrichtung findet sich deshalb an den für mineralogische Zwecke bestimmten Polarisations-Stativen, ebenso aber, wie wir oben gesehen haben, an den modernen grösseren Stativen mit rundem drehbarem Tische. Fehlt aber die Kreistheilung an den runden Tischen zunächst für bacteriologische Zwecke bestimmter Stative, so ist sie mit wenig Kosten anzubringen.

Zur Noth kann man übrigens Flächenwinkel mit dem Ocularmikrometer messen, freilich nicht direct, sondern durch eine Berechnung („Bestimmung") und zwar auf trigonometrischem Wege. Da solche Messungen bei mikrochemischen Untersuchungen leicht vorkommen können und da man bei der Billigkeit der Ocularmikrometer dieselben sehr häufig antrifft und sie eigentlich keinem Mikroskope fehlen sollten, so geben wir im Folgenden eine Anleitung zur Messung solcher Winkel mit dem Ocularmikrometer, wobei

[1]) Ein solcher findet sich an dem oben beschriebenen Schraubenmikrometer von Zeiss angebracht. (Fig. 100.)

indem man die Umrisszeichnungen auf demselben Blatte Papier ausführt. Hierauf schneidet man mit einer Scheere die einzelnen gezeichneten Körnchen sorgfältig aus, wiegt dieselben auf einer feinen Waage, dividirt das Gesammtgewicht durch die Anzahl der Körnchen, und erfährt so das mittlere Gewicht eines Papier-Stärkemehlkornes. Durch Vergleichung dieses Gewichtes mit demjenigen einer Kreisfläche von bekanntem Durchmesser aus demselben Papier erfährt man den Durchmesser des mittleren Papierstärkekornes und aus der bekannten Vergrösserung der Zeichnung ergiebt sich der mittlere Durchmesser der kreisförmig gedachten Stärkemehlkörner. Man habe z. B. gefunden, dass 100 Papierstärkekörner 722 *mg* wiegen, so ist das mittlere Papierstärkekörnchen $\frac{722}{100} = 7{\cdot}22$ *mg* schwer. Schneidet man aus demselben Papier eine Kreisfläche von 30 *mm* Durchmesser, also 2828·5 mm^2 Inhalt, und findet, dass diese Papierscheibe 65 *mg* wiegt, so wird der Inhalt x des mittleren Papierstärkekörnchens nach der Proportion $\frac{7{\cdot}22}{65} = \frac{x}{2828{\cdot}5}$ gefunden; also $x = \frac{2828{\cdot}5 \,.\, 7{\cdot}22}{65} = 314{\cdot}22$ mm^2. Der Durchmesser r kann nun aus der Gleichung $r^2\pi = 314{\cdot}22$ oder $r^2 \,.\, 3\frac{1}{7} = 314{\cdot}22$ erhalten werden. Demnach ist $r^2 = \frac{314{\cdot}22 \,.\, 7}{22} = \frac{2199{\cdot}54}{22}$ also sehr nahe $= \frac{2200}{22} = 100$ folglich $r = 10$ *mm*. Da nun die Vergrösserung der Zeichnung ein für alle Mal bekannt ist, so kennt man auch jetzt den wirklichen mittleren Durchmesser. Ist die Vergrösserung z. B. eine 200fache, so ist im obigen Falle der wirkliche mittlere Durchmesser der Stärkemehlkörner $= \frac{10}{200} = 0{\cdot}05$ *mm*."

Zeichnen unter dem Mikroskope und Bestimmung der Vergrösserung mittelst Doppeltsehens.

§ 66. Es leuchtet ein, dass man, wenn man die Gestalt des unter dem Mikroskope Gesehenen festhalten will, dasselbe zeichnen oder photographiren muss; während aber zum Letzteren schon umständlichere Apparate und Utensilien gehören, unterliegt es für einen geübten Zeichner keiner Schwierigkeit, das Bild eines Objectes zu zeichnen, welches er im Mikroskope sieht; da aber nicht jeder Mikroskopiker auch ein geübter Zeichner ist, so hat man verschiedene Methoden ersonnen, die es ermöglichen, das im Mikroskope entworfene Bild theils mit, theils ohne Hilfe von Apparaten auf dem Zeichenpapier projicirt zu erblicken, so dass man dann die Contouren blos nachzuziehen braucht. Von diesen zahlreichen Methoden werden wir nur einige erwähnen, da eine ausführlichere Besprechung weder nöthig noch dem Umfange dieses Leitfadens angemessen wäre.

Eine sehr einfache Methode zum Zeichnen ohne Apparat ist das sogenannte „Doppeltsehen." Dabei legt man ein Blatt Papier rechts neben den Fuss des aufrechtstehenden Mikroskopes auf den Tisch und sucht sich daran zu gewöhnen, mit dem linken Auge in das Mikroskop zu blicken, während dabei das rechte Auge auf das Blatt Papier gerichtet ist, wobei es natürlich offen bleiben muss. Bei einiger Uebung wird es nun leicht möglich sein, die Spitze des in der rechten Hand gehaltenen Bleistiftes durch das Verfahren, welches eben beschrieben wurde, gleichzeitig mit dem Bilde im Mikroskope zu sehen. Freilich gehört dazu eine derartige Regulirung der Beleuchtung, dass das mikroskopische Bild fast gleich hell mit dem Zeichenpapiere beleuchtet erscheint: Ist das Bild im Mikroskope heller, so sieht man

den Bleistift nicht deutlich, ist das Papier heller als das mikroskopische Bild, so entschwindet das Letztere, gleich als wäre es in einen weissen Nebel eingehüllt. Hat man kurzsichtige Augen, so muss man das Zeichenpapier überdies noch durch unterlegte Bücher etc. in die deutliche Sehweite bringen; sehr weitsichtige Beobachter dagegen müssen umgekehrt das Mikroskop höher stellen, indem sie es etwa auf dem Mikroskopkasten situiren, während das Papier auf dem Tische liegen bleibt. Auch die Farbe des Papieres soll mit der Färbung des Gesichtsfeldes übereinstimmen.

Misst man mit einem Zirkel die durch Doppeltsehen verfertigten Zeichnungen, die ein Kurzsichtiger gemacht hat und dann mit einem Mikrometer das Object selbst im Mikroskope, so wird man, wenn man die erste Grösse mit A, die zweite mit B bezeichnet, den Quotienten $\frac{A}{B} = V$, d. i. die Vergrösserung finden, in welcher der Kurzsichtige das Bild im Mikroskope sieht; thut man dasselbe mit der Zeichnung des Weitsichtigen, nimmt hier die Grösse der Zeichnung $= A_1$, so giebt $\frac{A_1}{B} = V_1$ nämlich die Vergrösserung, in welcher der Weitsichtige das Object erblickt. Eine einfache Vergleichung ergiebt, dass die Zeichnung des Weitsichtigen grösser sein wird, als die des Kurzsichtigen, d. h. $A_1 > A$; da nun der Dividend, das ist B (die wahre Grösse des betrachteten Objectes) in beiden Fällen gleich bleibt, so ergiebt sich daraus, dass auch $V_1 > V$ oder mit anderen Worten: Jeder Mensch sieht je nach der Brennweite seiner Augenlinse ein und dasselbe Object im Mikroskop bald grösser, bald kleiner! Was ist also die eigentlich richtige Vergrösserung?

Offenbar jene, in welcher das Object einem normalsichtigen Auge erscheint! — Was ist aber ein normalsichtiges Auge? Wie wir oben in der Einleitung gehört haben, ist man übereingekommen, ein solches Auge als normalsichtig zu erklären, welches beim Doppeltsehen (vorausgesetzt, dass beide Augen gleich sind, was nicht bei allen Menschen der Fall ist) das mikroskopische Bild auf eine weisse Papierfläche deutlich projicirt erblickt, welche 250 *mm*[1]) vom Auge entfernt ist. Diese Entfernung des deutlichen Sehens nennt man mittlere Sehweite und man sagt: Conventionell nennt man jenes Auge ein mittleres, welches 250 *mm* Sehweite hat und alle Vergrösserungstabellen werden auf diese Sehweite bezogen.[2]) Man weiss nun, dass sich die Vergrösserungen, in denen ein Weitsichtiger (V_1) und ein Kurzsichtiger (V) ein Object sieht, so verhalten, wie die Sehweiten der beiden Individuen: $V_1 : V = S_1 : S$; S_1 und S lassen sich aber bei jedem Beobachter mit dem Maassstabe messen, indem man die Distanz misst, in welcher jeder bei der oben angegebenen Zeichenmethode mittelst Doppeltsehens das Papier vom Auge haben muss, um die auf dem Papier ruhende Bleistiftspitze und die Contouren des vergrösserten Bildes gleich deutlich zu sehen. Diesen Umstand kann man nun dazu benützen, um mittelst des Nachzeichnens durch Doppeltsehen die wahre Vergrösserung seiner Linsencombinationen zu bestimmen, indem man V als wahre Vergrösserung annimmt und gleich x setzt; S wird, wie erwähnt, bei unseren Mikroskopen für die wahre Vergrösserung gleich 250 *mm* angenommen. V_1 findet man, indem man mit dem Cirkel das mittelst Doppeltsehens auf dem Papiere projicirte und etwa wenigstens in den Umrissen gezeichnete Bild entweder eines Objectmikrometers oder eines vorher für dieselbe mittlere Tubuslänge von 160 *mm* mit dem Ocularmikrometer gemessenen Gegenstandes abmisst, wo dann wie oben aus-

---

[1]) In England nimmt man 10 englische Zoll = 254 mm als normale Sehweite an.

[2]) Bei den Instrumenten aus englischen und amerikanischen Werkstätten wird die „wahre" Vergrösserung mit Zugrundelegung einer normalen Sehweite von 10 englischen Zoll = 254 mm angegeben.

einander gesetzt, $V_1 = \frac{A_1}{B}$; S_1 misst man direct mit dem Maassstabe; nun setzt man: $V_1 : V_x = S_1 : 250$ und hat $V_x = \frac{250\ V_1}{S_1}$ als wahre Vergrösserung, d. h. als Vergrösserung bei 160 *mm* Tubuslänge und 250 *mm* Sehweite, welche conventionell als wahre gilt.

Da die Messung der wahren Vergrösserung jeden Mikroskopbesitzer interessiren dürfte und sich auf dem vorgeschilderten Wege ohne weiteren Apparat als Mikrometer, Zoll- oder Centimeterstab, Papier und Bleistift, sowie einem Cirkel ausführen lässt, wollen wir hier ein Beispiel geben.

Wir schieben den Tubus auf die Länge von 160 *mm* zusammen, resp. falls er zusammengeschoben war, ziehen wir ihn so weit aus, dass dessen Länge genau 160 *mm* beträgt, und bringen nun z. B. Hartnack's System 7 und Ocular 2 an den Tubus. Wir legen nun ein Glasmikrometer auf den Objecttisch als Object hin und stellen scharf ein; nun legen wir ein Papier neben den Fuss des Mikroskopes und versehen unsere rechte Hand mit einem Bleistift. Wir blicken mit dem linken Auge in das Mikroskop, mit dem rechten auf das Papier, resp. die Bleistiftspitze und reguliren die Beleuchtung so lange durch Schirme vor dem Papier oder durch Blendungen am Mikroskope, bis wir das Bild des Mikrometers vergrössert und halbwegs deutlich auf dem Papiere sehen. Da merken wir, indem wir bald das Mikroskop bald das Papier durch Unterlagen erhöhen, dass wir etwas kurzsichtig sind, weil wir das Papier durch unterlegte Bücher unserem rechten Auge bis auf 204 *mm* Entfernung nähern müssen, um, ohne besonderer Anstrengung der Accomodation des Auges zu bedürfen, die Bleistiftspitze am Papier deutlich und gleichzeitig mit dem Bilde des als Object benützten Mikrometers wahrzunehmen. Nun zeichnet man den kleinsten Theil des Mikrometerbildes, z. B. 0·1 *mm*, auf dem Papiere nach, misst mit dem Cirkel und findet mit Hilfe eines Centimetermaassstabes, dass das vergrösserte Bild eines Zehntel Millimeters auf dem Papiere 18·1 *mm* lang erscheine; A_1 ist also hier $= 18{\cdot}1$ *mm*, $B = 0{\cdot}1$, folglich $V_1 = 181$; da unsere Sehweite 204 *mm* gefunden wurde, so ergibt sich die Proportion $181 : 204 = V_x : 250$ oder V_x, d. i. die gesuchte wahre Vergrösserung für Hartnack's System 7 und Ocular 2 bei 160 *mm* Tubuslänge $= \frac{250 \times 181}{204} = 221{\cdot}81$ oder rund 222malige lineare Vergrösserung. — Hartnack giebt abweichend von der Convention die Vergrösserung bei 180 *mm* Tubuslänge an; suchen wir in seiner Tabelle die Vergrösserung für Objectiv 7 und Ocular 2, so finden wir für 180 *mm* Tubuslänge die Zahl 250; da sich nun die Vergrösserungen verhalten, wie die Tubuslängen, so setzen wir, um die Probe zu machen, ob unsere Berechnung richtig war, die Proportion an:

$$222 : 160 = 150 : 180$$

und finden

$$160 \times 250 = 40.000$$
$$\text{und } 180 \times 222 = 39.960$$

wir haben also blos um

$$40.000 - 39.960 = 40$$

gefehlt, gewiss ein kleiner Fehler, da er nur 1 per Mille, d. i. 0·1 % beträgt und übrigens auch darin seinen Grund haben kann, dass Hartnack in der Tabelle die unserem Ergebniss für 180 *mm* entsprechende Zahl, nämlich 249·375 auf 250 abrundete; doch sei dem wie dem wolle, es wird immer gut sein, mehrere solcher Messungen vorzunehmen und aus diesen dann das arithmetische Mittel zu ziehen, indem man die Messungsresultate addirt und durch die Zahl der Messungen dividirt. Die so gefundenen Zahlen benützt

O ist das Ocularrohr des horizontal umgelegten Mikroskopes; an demselben ist mit Diachylonpflaster oder Terpentinwachs[1]) das grosse und dünne Deckgläschen *d* befestigt; am Besten hält es, wenn man bei *k* das Klebmittel in Form eines walzenförmigen Klümpchens anbringt. Sieht nun das Auge des Beobachters in *B* durch das Deckgläschen, welches um 45° zur Horizontalen geneigt ist, auf das Papier *p*, so sieht es in *d* das Spiegelbild des mikroskopischen Objectes und durch das Deckglas das Papier *p*, ähnlich wie man im Fenster eines beleuchteten Eisenbahnwagens das Spiegelbild des Waggoninneren und gleichzeitig durch dasselbe die draussen befindlichen beleuchteten Objecte sieht.[2]) Dabei thut man gut, das Mikroskop auf Bücher u. dergl. zu stellen, um unter dem umgelegten Tubus in bequemer Schweite zeichnen zu können; durch vorgestellte Bücher u. dergl. lässt sich dann auch die Beleuchtung des Zeichnen-

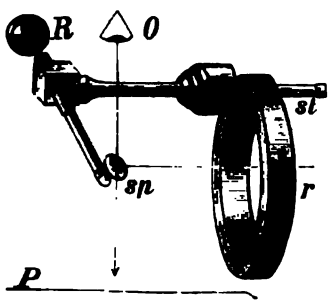


Fig. 105.

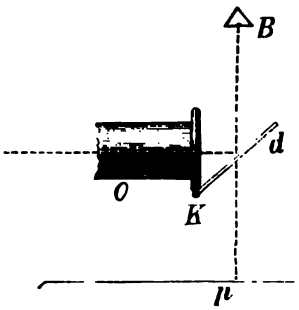


Fig. 106.

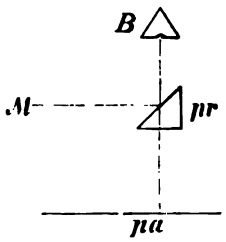


Fig. 107.

papieres reguliren. Dieser einfache, zuerst in etwas anderer Form von Prof. Vogel angegebene Zeichenbehelf übertrifft an Lichtstärke viele der kostspieligen Apparate und kostet fast gar nichts. An Stelle des Sömmering'schen Spiegelchens nahm Oberhäuser (Hartnack's Vorgänger) ein ganz kleines rechtwinkeliges Glasprisma (welches durch totale Reflexion ähnlich wirkt, wie unser vorhin als Zeichenapparat benutztes Deckgläschen) und welches in einem schwarzen Metallringe drehbar gefasst ist; um dabei auch bei nicht umgelegten, aufrechtstehenden Mikroskopen zeichnen zu können, combinirten Chevalier und Oberhäuser, das kleine Prisma mit einem knieförmigen Ocular, welches gestattet, aufrechtsitzend in's Mikroskop zu blicken, ohne dessen Oberkörper umlegen zu müssen. Fig. 107 zeigt das kleine Glasprisma in natürlicher Grösse und erläutert dessen Wirksamkeit: *B* ist das Auge des Beobachters, *pa* das Zeichenpapier, *pr* das kleine Prisma, welches die vom Mikroskope kommenden Strahlen in's Auge *B* reflectirt, welches über das Prisma hinweg das Papier *pa* und darauf das Bild des mikroskopischen Objectes projicirt erblickt. Fig. 108 zeigt uns die Oberhäuser'sche Combination dieses kleinen Prismas mit dem knieförmigen Ocular, welches mit der Röhre *t* an Stelle des gewöhnlichen Oculars in den Tubus eines aufrechtstehenden Mikroskopes gesteckt wird. *P* ist ein grosses rechtwinkeliges Glasprisma, an dessen Kathete das mikroskopische Bild, und zwar in horizontaler Richtung reflectirt wird. Würde das Auge des Beobachters sich in *p* an Stelle des in einen schwarzen Ring gefassten kleinen Prismas befinden, würde es das mikroskopische Bild im Prisma *P* in der Richtung *P*—*p* erblicken und zwar wie durch ein anderes Ocular, da die Ocularlinsen *l* und l_1 ebenso

[1]) Weisses Wachs mit Terpentinöl geknetet, ja sogar geknetetes, frisches Brod thun gute Dienste.

[2]) Auf demselben Principe beruhen die Geisterscheinungen, wie sie z. B. Kratky-Baschik und andere „Professoren der Magie" in Wien gezeigt haben.

wirken wie Collectiv- und eigentliches Ocularglas eines Huyghen'schen Oculares; wird aber das Prisma *p* vor den Apparat gebracht und blickt nun das Auge in *B* nicht horizontal, sondern vertical in der Richtung des Pfeiles auf das Prisma *p*, so sieht es in *p* das mikroskopische Bild und neben *p* durch die Oeffnung des obenerwähnten schwarzen Ringes das Zeichenpapier. Derartige Apparate werden Camera lucida genannt und so heisst auch der vorbeschriebene Apparat von Oberhäuser oder Chevalier. Hartnack hat denselben etwas modificirt unter dem Namen „Embryoskop" zum Nachzeichnen grösserer und schwach vergrösserter mikroskopischer Objecte, z. B. Embryonen, sehr geeignet gemacht.

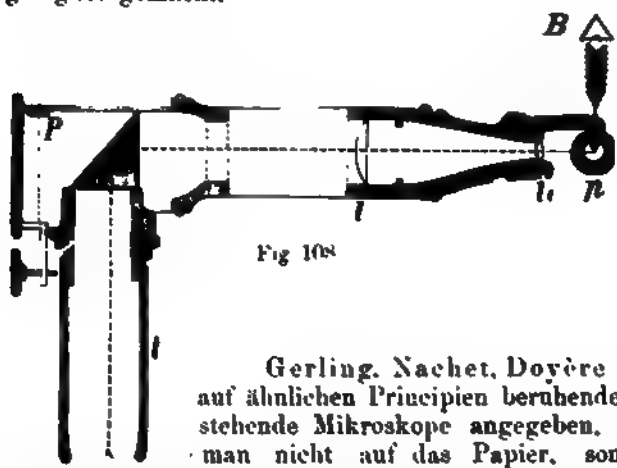


Fig 108

Fig. 109.

Gerling, Nachet, Doyère und Milne-Edwards haben auf ähnlichen Principien beruhende Camera lucidas für aufrechtstehende Mikroskope angegeben. Bei der letztgenannten sieht man nicht auf das Papier, sondern über ein ganz kleines Prisma in das Mikroskop und wird durch ein zweites grösseres Prisma das Bild des Papieres mit dem Zeichenstifte in das Mikroskop hineinprojicirt; doch hat dieser Apparat den Fehler, dass, um Verzeichnung zu verhüten, die Zeichenfläche um 22·5 Grad gegen den Horizont geneigt werden muss.

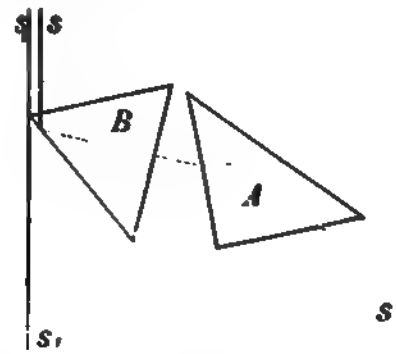


Fig 110 Fig 111

Zeiss hat die in Fig 109 in der von Ebeling in Wien adaptirten Form abgebildete Camera lucida erfunden, deren innere Einrichtung Fig. 110 zeigt. A ist ein rechtwinkeliges Prisma, welches durch totale Reflexion an seiner Hypothenusenfläche die von Zeichenfläche und Stift kommenden Strahlen *S* [illegible] Prisma *B* reflectirt; dieses Prisma *B* ist gleichseitig und gegen das [illegible] Prisma unter einem Winkel von 27° geneigt und wirft mit seiner Vorderfläche [illegible] zum zweitenmale zurück, um sie dann parallel mit der [illegible] zu lenken.

Fig 111 zeigt den Apparat im Durchschnitte und am Ocular angebracht. Die Camera wird an dem Knopfe a beim Gebrauch etwas geneigt und das

Prisma *B* so gerichtet, dass seine vordere, durch die Oeffnung der Camera *d* sichtbare Kante gerade die Austrittspupille des Mikroskopes halbirt und man das mikroskopische Bild wie das Bild von Zeichenfläche und Stift zugleich deutlich und scharf sieht. Diese Camera lässt bei voller Bildschärfe das ganze Sehfeld des Oculares übersehen, doch hat auch diese Camera die Unbequemlichkeit, dass die Zeichenfläche um 18—24° geneigt liegen muss.

Dr. Abbe, der theoretische Helfer Zeiss', hat auch dem abgeholfen, indem er seine von Zeiss, Reichert, Merker, Ebeling, Paul Wächter u. A. m. angefertigte und beziehbare Camera lucida erfand, welche ein Zeichnen auf fast horizontaler[1]) Fläche gestattet und sehr scharfe Bilder giebt. Ihre Einrichtung zeigt Fig. 111. *p* und *p* sind zwei rechtwinkelige Prismen, die mit ihren Hypothenusenflächen aufeinandergekittet sind (mit Canadabalsam); die Hypothenusenfläche des Prismas *p* ist überdies mit einer spiegelnden Silberschichte belegt, in welche ein ovales Loch *o* — das kleiner sein muss als die menschliche Pupille in mittlerer Contraction — eingekratzt ist. Bei *d* ist die Hülse,

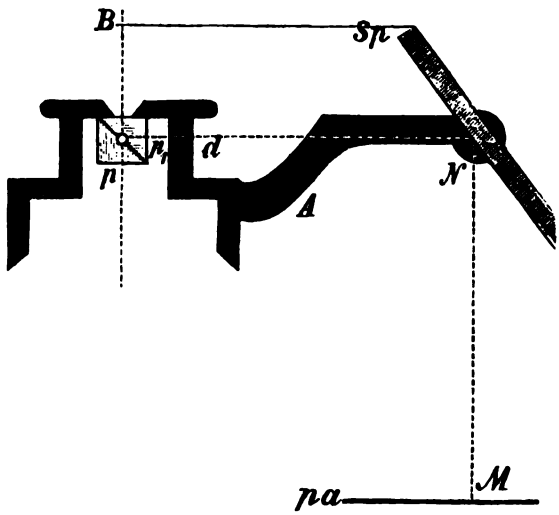


Fig. 112.

in der die zwei zusammengekitteten Prismen gefasst sind, ausgeschnitten. Unter dem Ausschnitt geht der Arm *A* aus, an dem ein gewöhnlicher, drehbarer Spiegel *Sp* angebracht ist. Ist *pa* die Zeichenfläche, so nimmt der Spiegel *Sp* deren Bild auf, wirft es, wenn er unter 45° geneigt ist, in horizontaler Richtung durch die Oeffnung *d* in die auf die Ocularlinse des aufrechtstehenden Mikroskopes aufgesetzte Hülse der Camera, so dass die Strahlen vom Bilde des Papieres *MN* von *N* nach *o* und von der spiegelnden versilberten Hypothenuse des Prismas *p* in das Auge des Beobachters *B* reflectirt werden; gleichzeitig sieht der Beobachter aber durch die in die Silberschicht eingekratzte pupillenartige Oeffnung *o* das Bild im Mikroskope. Es wird also auch hier das mikroskopische Bild nicht wie beim Sömmering'schen Spiegelchen auf's Zeichenpapier, sondern das Bild des Papieres in das

[1]) Bei dem älteren Zeiss'schen Zeichenapparat nach Dr. Abbe befand sich der Spiegel an einem nur 70 mm langen Arme (A in Fig. 112) also in einer ebensolchen Distanz von dem Prismenwürfel; um also ganz verzerrungsfreie Bilder zu erhalten, ohne die Ausdehnung beschränken zu müssen, war man auch hier genöthigt, eine schiefstehende oder erhöhte Zeichenfläche anzuwenden. Bei dem Abbe'schen Beleuchtungsapparate neuerer und neuester Construction ist die Distanz des Spiegels vom Prismenwürfel eine grössere (mehr als 10 cm) und kann man bei nicht gar zu übermässig grossen Zeichnungen die Zeichenfläche ganz horizontal stellen. Zeiss' Catalog 1898, S. 78 u. 79). Uebrigens gibt es sehr practische geneigte Zeichenbretter und Zeichentische, welche, wie jener von Bernhard, gestatten, die Zeichenfläche, welche durch ein Reissbrett repräsentirt wird, bis zu einer Höhe von 17 cm zu heben und bis zu einem Winkel von circa 35° gegen die Horizontale zu neigen und dabei das Mikroskop in zweckmässiger Lage festzuschrauben (Zeiss' Catalog 1898, S. 81). Uebrigens ist auch C. Reichert in Wien in der Lage, derlei Apparate zu liefern.

blos die Umrisslinien zu ziehen und das Bild mit Farben zu vollenden, als es mit allen Schattirungen blos graphisch wiederzugeben.

Solche colorirte Bilder mikroskopischer Präparate werden namentlich dort am Platze sein, wo es sich um Anlegung einer Sammlung von Bildern selbst unter dem Mikroskope gesehener frischer Objecte handelt und wo oft das gelungendste Dauerpräparat nach Jahren nicht mehr das zeigt, namentlich aber in Bezug auf Farben nicht, was an einem ganz frisch bereiteten sozusagen ex tempore-Object zu sehen war.

Zu Zeichnungen, die colorirt werden sollen, nimmt man nicht glattes, sondern feinkörniges, sogenanntes Aquarell-Malpapier, dessen Textur aber doch nicht zu starkkörnig sein soll, weil sonst die Contouren der Zeichnung undeutlich würden.

Hat man die Zeichnung mit recht feinen Umrisslinien verfertigt, so geht man an das Coloriren, was freilich nicht ein blosses Ausfüllen der Contourräume, sondern ein wirkliches Herausarbeiten der Farbentöne aus den Grundtönen des Bildes sein soll.

Die Farben müssen natürlich möglichst getreu nach dem Originale zusammengestellt werden.

Wir haben schon oben erwähnt, dass beim Gebrauche enger Blenden die Contouren eines im Mikroskope gesehenen Bildes mehr hervor-, die Farben mehr zurücktreten und dass namentlich bei Entfernung aller Blenden oder Verwendung eines mit grossen Blendöffnungen belegten Abbe'schen Beleuchtungs-Apparates die Farben sehr rein, die Contouren dagegen verwischt hervortreten. Dies können wir uns hier zu Nutze machen, indem wir die Contouren bei engerer Blendöffnung, die Farben bei weiterer oder mit dem Abbe'schen Beleuchtungs-Apparat aufnehmen. Wir erhalten so ein Bild, das einem allerdings nicht herstellbaren idealen Mikroskope, welches die Fähigkeit hätte, bei schärfster Contouirung auch die Färbung mit aller Reinheit wiederzugeben, entsprechen würde.

Da man im Mikroskope doch meistens Transparentbilder sieht, so müssen auch die Farben sehr leicht löslich, bindend und gleichmässig diessend sein.

Diese Eigenschaften sollen in hohem Grade den „Ackermann'schen Farben" eigen sein, doch sind heutzutage die von den Farbenfabriken hergestellten sogen. „Hofmalerfarben" durchwegs zum Coloriren mikroskopischer Bilder brauchbar.

Ebenso wichtig als Papier und Farben sind zum Malen taugliche Pinsel. Zum Malen mit Wasserfarben eignen sich die, wie wir sehen werden, auch zu anderen mikroskopischen Arbeiten benöthigten Pinsel aus Marderhaaren am Besten; doch geht es auch mit den in den meisten Fällen bei jedem Schreibmaterialien-Händler erhältlichen gewöhnlichen Haarpinseln. Jedenfalls dürfen die Pinsel nicht die Tendenz zeigen, sich zu verrunden und müssen, einmal mit Wasser befeuchtet, eine feine Spitze annehmen und behalten. Man steckt die Pinsel an passende, hölzerne Stiele, die dünsten wohl auch an einen Stab von einem Stachelschwein an, um sie bequem handhaben zu können und fasst sie beim Gebrauche wie eine Schreibfeder, doch muss die Lage [illegible] das Papier eine mehr senkrechte sein. Nach jedesmaligem Gebrauche [illegible] Pinsel in vor dem Malen stets in destillirtes Wasser zu tauchen [illegible] zu Ausgewaschen werden.

[illegible] für jede Hauptfarbe, z. B. roth, blau, gelb etc., je einige [illegible] verschiedener Dicke zu bestimmen. Man reicht mit fünf verschiedenen [illegible] aus. Die stärksten und stumpfsten Pinsel gebraucht man zum Verwaschen [illegible] Ausgrunden verschiedener Farbentöne, die mitteldicken für [illegible] Anlage der [illegible] und die feinen für zartere Ausführungen.

Zur Contourirung, d. h. dem Nachziehen der mit dem Bleistift gezogenen Contouren benützt man die allerfeinsten Κατ ἐξοχὴν- „Haarpinsel“ genannten Pinselchen, die auch dazu dienen, farbige Punkte damit zu machen, was gerade bei Wiedergabe farbiger Zellkerne in mikroskopischen Bildern häufig vorkommt. Zu den allerfeinsten Strichelchen, z. B. bei Wiedergabe von gefärbten Bacterien, bedient man sich am besten einer sogenannten Zeichenfeder auch Ausziehfeder genannt, die man in die etwas dünnflüssig und in grösserer Menge angeriebene Tuschfarbe eintaucht, oder mittelst eines stärkeren Pinsels mit der nöthigen Farbenmenge versieht. Zum Anreiben der Farben bedient man sich statt einer oder mehrerer „Tuschschalen“ mit ebenso gutem Erfolge kleiner Porzellanteller. Das Abreiben geschieht am besten in Aqua destillata von 14° Celsius. Ist eine der gekauften Tusch- oder Honigfarben abgerieben worden, so vergesse man nicht, sie mit einem leinenen Läppchen leicht abzutupfen, da sie sonst beim Trocknen häufig Sprünge bekommt und in mehrere Bruchstücke zerfällt. Dass man durch geschickte Mischungen der Hauptfarben die verschiedensten Farbennuancen hervorbringen kann — ist bekannt.

Schon die blosse Verdünnung mit Wasser bewirkt eine Abtönung der Farben; ein tiefes Dunkelgrün lässt sich mittelst mehr weniger Wasserzusatz bis zum zartesten Frühjahrsgrün abtönen.

Der Zusatz schwarzer Tusche bewirkt meist eine graue Nuance, z. B. mit Grün, Graugrün, mit Blau, Graublau.

Weiss macht zu Farben zugesetzt dieselben heller und weniger transparent, mehr massig.

Dass Gelb mit Blau Grün ergiebt, ist wohl ebenso bekannt, wie dass Blau und Roth Violett, Blau und Carmin Lila zum Resultate haben.

Aus Carmin lässt sich durch Wasserzusatz das zarteste Rosa erzielen.

Als Hauptfarben sind zu nennen: Berlinerblau, Indigo, Gummigutt, Sienna, Sepia, Carmin, Ultramarin, sogenanntes „Vermillonroth“ und Tusche.

Auch ist es gut, sogenannte Neutraltinte zu besitzen. Diese dient zum Untermalen der Schattirung mittelst einer unbestimmten Farbe. Dabei werden die Schatten mit dieser Neutraltinte aufgetragen, trocknen gelassen und dann die Farben über die mit Neutraltinte gemalten Schatten übermalt („aufgesetzt“ lautet der terminus technicus).

Uebrigens kann man, namentlich für Honigfarben, zum Setzen der Schatten Sepia (eine braune Farbe) verwenden.

Viele Aquarellmaler verwenden zum Anreiben der Farben nicht destillirtes Wasser, sondern, insoferne sie sich nicht der Honigfarben bedienen, einer Gummilösung. Diese verleiht den Farben einen farbendruckähnlichen Glanz, macht aber die Malerei auch sehr haltbar und verhindert das Abspringen der Farben.

Ich entnehme ein Recept zu einem solchen Gummiwasser dem 17. Bändchen von A. & G. Ortleb's „Der emsige Naturforscher und Sammler“, welches sich bestens bewährt hat und theile es im Nachstehenden mit:

„Man nimmt ein Gläschen mit engem Hals und giebt in dasselbe 3 Theile des besten englischen Gummis, 2 Theile Candiszucker und giesst darüber so viel reines Wasser, als man zur völligen Auflösung des Gummis und Candiszuckers für nöthig erachtet. Alsdann setzt man das Glas, nachdem es vorher fest verschlossen worden, der Wärme aus. Zuweilen schüttle man die Flüssigkeit gut durcheinander und ist die Lösung erfolgt, so filtrire man durch Leinwand oder Flanell in ein anderes Gläschen. Auf diese Weise bereitetes Gummiwasser kann man nun zum Gebrauche wohl verkorkt aufbewahren“.

Ich würde der Ortleb'schen Angabe noch hinzufügen, dass es gut ist, dem Gummiwasser einige Tropfen Phenol hinzuzufügen, um es vor Mikroorganismen und der durch diese zu befürchtenden Zersetzung zu bewahren.

Dass man mit einem nicht gut ausgewaschenen Pinsel niemals in diese Gummilösung fahren darf, versteht sich von selbst, ebenso, dass man diese Lösung, wenn sie zu dickflüssig werden sollte, so lange mit lauwarmem Wasser verdünnen muss, bis sie im Pinsel leicht fliesst.

Mit den oben besprochenen Hilfsmitteln wird es also gelingen, die Form und Farbe mikroskopischer Präparate getreu wiederzugeben; dies ist aber, wenn man so sagen darf, in pädagogischer Beziehung für den Anfänger, namentlich für jenen, der die Waaren- und Nahrungsmittel-Untersuchung einmal praktisch ausüben will, wichtig, denn gerade so, wie sich ein denkender Mensch etwas, was er abgeschrieben hat, besser dem Gedächtnisse einprägt, so prägt sich das Bild des Gesehenen Demjenigen ein, der es abzeichnet und abmalt. Darüber spricht sich wohl am schönsten der Classiker der Mikrographie, P. Harting in Utrecht, in seinem weltberühmten, freilich jetzt einigermassen veralteten Werke: „Das Mikroskop. Gebrauch, Geschichte und gegenwärtiger Zustand desselben, Braunschweig 1859“, wie folgt aus:

„Manchmal kann der Naturforscher die Anfertigung von Abbildungen allerdings Anderen überlassen und seine Zeit nützlicher auf andere Weise verwenden; aber er müsste doch wenigstens im Stande gewesen sein, die Abbildung selbst zu machen, wenn er deren Ausführung gehörig überwachen will.

Denn ist sie einem Zeichner von Profession anvertraut, so mag sie zwar in künstlerischer Beziehung ganz vortrefflich ausfallen und dadurch entspricht sie oftmals ihrem eigentlichem Zwecke, nämlich so viel wie möglich ein treues Bild des Wahrgenommenen zu geben, sehr mangelhaft.

Dazu kommt noch, dass es kein besseres Mittel giebt, sich zu einem guten Beobachter auszubilden, als wenn man sich daran gewöhnt, sobald Zeit und Gelegenheit sich dazu darbieten, während der Beobachtung selbst vom Beobachteten Abbildungen zu machen. Die Erfahrung wird Jeder machen, dass, wenn man dieses thut, die Aufmerksamkeit auf manche oftmals wichtige Einzelheiten hingelenkt wird, die derselben ausserdem würden entgangen sein“.

Ich habe auch deshalb der Besprechung der Lehre vom Zeichnen und Malen mikroskopischer Gegenstände in dieser Arbeit, welche ein Leitfaden für Anfänger sein soll, eine grössere Aufmerksamkeit zugewendet, weil sich zu Uebungen im Abzeichnen und Abmalen sehr gut käuflich erhältliche Präparate eignen und weil diese Uebung, wie eben an der Hand des Ausspruches einer so grossen Capacität, wie Harting nachgewiesen wurde, eine wichtige Vorschule für die Auffassung und Festhaltung mikroskopischer Bilder überhaupt bildet.

Mikroskopische Hodegetik.

§ 69. Wir sollten nach dem Zeichnen und Malen die mikroskopische Photographie besprechen; da aber diese eine genaue Kenntniss der mikroskopischen Präparirkunde und aller anderen Hilfsmittel mikroskopischer Forschung voraussetzt, weil der photographische Apparat jeden Fehler des Präparates, resp. mikroskopischen Objectes vergrössert wiedergiebt, während der Zeichner solche Fehler einfach aus der Zeichnung weglässt, wird es diesem Leitfaden am angemessensten sein, die Lehre von der Photographie als Hilfs-

mittel mikroskopischer Forschung anhangsweise am Schlusse dieser Arbeit zu behandeln. Jetzt wollen wir zur Anfertigung mikroskopischer Präparate übergehen.

Wir werden dabei folgenden Weg einschlagen:

Dort, wo wir ihrer bedürfen, werden wir die Hilfsmittel zur Darstellung mikroskopischer Präparate besprechen; wir werden sie also nicht collectiv, sondern gelegentlich anführen. Dabei wollen wir vom Einfacheren, d. h. mit weniger Hilfsmitteln Herzustellenden, zum Schwierigeren übergehen.

Der rühmlichst bekannte Vorstand des pharmakologischen Institutes an der k. k. Universität Wien, Hofrath v. Vogel, hat nicht mit Unrecht es ausgesprochen, dass es unmöglich sei, aus dem Buche Mikroskopiren zu lernen; wie aber jede Regel ihre Ausnahme hat, so auch hier: Fleissige, geduldige Uebung an seinem eigenen Instrumente kann einigermassen den Lehrer ersetzen; nur darf weder oftmaliges Misslingen von einer Fortsetzung der Uebungen abschrecken, noch auch das Gefallen an etwa gelungenen Präparaten zierlicher Naturkörper ein Sichselbstgenügen bewirken, welches weitere Bemühung überflüssig erscheinen lässt und daher ein plötzliches Stehenbleiben in der mikroskopischen Ausbildung zur Folge hat.

Das beste Mikroskop ist in den Händen Desjenigen, der es nicht versteht, selbst Objecte zur Beobachtung unter dem Mikroskope vorzubereiten und der daher auf das Betrachten käuflicher Objecte angewiesen ist, ein lehrreiches Spielzeug, im günstigsten Falle ein Lehrmittel, nie und nimmer aber ein Werkzeug der wissenschaftlichen Forschung, schon gar nicht praktischer Erkenntniss, wie Harting so treffend sagt.

Fig. 114 (siehe Seite 172)

Die zur Selbstanfertigung von Präparaten unumgänglich nothwendigen Hilfsmittel sind im Allgemeinen im Verhältnisse zum Preise eines guten Mikroskopes und guter käuflicher Dauerpräparate nicht allzu kostspielig. Auch ist es sehr bequem, dass man dieselben an mehreren Stellen, wo chemische und pharmaceutische Utensilien zu haben sind, zu kaufen erhält, so in Wien bei Rudolf Siebert, IX. Garnisongasse 9, welchem das Verdienst gebührt, die österreichisch-ungarische wissenschaftliche Welt von dem deutschen Markte emancipirt zu haben, den früher W. P. Stender in Leipzig, in Bezug auf Glasgeräthe und Dr. Georg Grübler in Leipzig hinsichtlich der Farbstoffe und chemischen Präparate für Mikroskopie fast ausschliesslich beherrschten, ferner bei Rohrbeck's Nachfolger und Lenoir & Forster.

Mikroskopische Präparationsmethoden.

§ 70. Jeder mikroskopischen Untersuchung muss eine taugliche Vorbereitung des betreffenden Objectes vorangehen; dies leuchtet ja Jedermann, der mit dem Mikroskope zu arbeiten versucht hat, ein. Schon oben haben wir bei Uebung des Beleuchtens und Einstellens ein einfaches Beispiel einer mikroskopischen Präparation gegeben, als wir die mikroskopische Unterscheidung von Leinen-, Baumwoll- und Schafwollfasern u. dergl. besprachen. Eingehender müssen wir jetzt darauf zurückkommen.

Wir nahmen damals einen Objectträger und ein Deckgläschen; auf den Objectträger legten wir das mit zwei Nadeln zerzupfte Baumwollzeug, respective Leinen- und Schafwollzeug; nach Zusatz eines Tropfens Wassers oder Glycerin legten wir das Deckglas auf die Baumwoll-, respective Leinenfasern oder Schafwollhaare, und das improvisirte Präparat war fertig.

Das damals nur flüchtig behufs Exemplification einer einfachen mikroskopischen Untersuchung behandelte Thema müssen wir hier ausführlicher besprechen, und zwar insoferne als das gegebene Beispiel uns den Typus eines mikroskopischen Präparates darstellt. Wir haben bei demselben zu beachten:

1. Den Objectträger;
2. das zu präparirende Material (Leinen-, Baum- oder Schafwollzeug, welches ident ist mit dem zu untersuchenden Stoffe);
3. die Zerzupfung mittelst tauglicher Werkzeuge (Nadeln, die in Stiele gefasst sind), welcher die Abtrennung eines kleinen Stückchens von dem zu untersuchenden Stoffe vorausging (hier etwa Abschneiden eines Stückchens von der Grösse eines Stecknadelkopfes mittelst einer Stickscheere);
4. die „Einlegung" des Präparates in eine geeignete Zusatzflüssigkeit (Wasser, respective Glycerin u. dergl.);
5. die Auflage des Deckgläschens.

Im Wesentlichen werden diese Gegenstände fast bei jedem Präparate wiederkehren, nämlich das Glasmaterial (Objectträger und Deckgläschen), das Präparirmaterial, das Präparirwerkzeug und die Zusatzflüssigkeit. Wir haben gesagt: fast, denn es gibt auch Präparate, die trocken und unzerkleinert besichtigt werden können, wie Schmetterlingsschuppen, Bakterien etc.

Wir wollen zunächst das Glasmaterial, insbesondere die Objectträger und Deckgläschen eingehender besprechen. Von Objectträgern hat man heute vier gebräuchliche Formate:

1. Das Wiener Format, 25 *mm* breit, 65 *mm* lang;
2. das englische Format, 26 *mm* breit, 76 *mm* lang;[1])
3. das Giessener oder Vereins-Format, 28 *mm* breit, 48 *mm* lang;[2])
4. das „grosse" oder „Extra"-Format, 36 *mm* breit, 76 *mm* lang.

Das gebräuchlichste ist das „englische" Format; die Mehrzahl der käuflichen Präparate sind in diesem Formate angelegt. Da sich jedoch die verhältnissmässig langen und schmalen Objectträger dieses Formates auf dem Objecttische kleiner und mittlerer Mikroskope nicht ganz im Kreise herumdrehen lassen, was namentlich bei Auflösung schwieriger Probeobjecte oder

---

[1]) Die berühmteste Gesellschaft für Mikroskopie „Microscopical Society" in London setzte 3 engl. Zoll Länge, 1 engl. Zoll Breite fest was ungefähr den Dimensionen, welche wir angeführt haben, entspricht.

[2]) Früher hatte der Giessener Tauschverein für Austausch mikroskopischer Präparate ein Format von 28 *mm* Länge und 37 *mm* Breite im Gebrauch, welches natürlich viel zu klein war, um damit bequem arbeiten zu können.

nämlich um die Hälfte, wenn man sich mit schön geschnittenen[1]) Kanten begnügt. Vor dem Ausschusse aus den geschliffenen Objectträgern, der ebenso theuer ist wie ganz reine, geschnittene Waare, möchten wir warnen; überhaupt soll man hier nicht allzusehr sparen.

Ich möchte hier noch auf einen, in der „Zeitschrift für Mikroskopie", Jahrg. 1878, Heft 7, von Arnold Münster erwähnten Umstand hinweisen, dass nämlich selbst bei sehr guter Waare sich selten ein Objectträger finden wird, der nicht gewisse Punkte aufwiese, welche absolut nicht durch Putzen entfernt werden können. Diese Punkte erscheinen auf der einen Seite des Objectträgers als Vertiefungen, auf der anderen als Erhöhungen. Nach Münster ist nun jene Seite zum Auflegen des Objectes zu benützen, welche die Punkte als Erhöhungen aufweist, da dann diese nicht störend durch das Präparat hindurchschimmern. Diese Seite mit den erhöhten Punkten ist daher die bessere des Objectträgers, welcher also, so wie jedes Ding, seine zwei Seiten hat. Und nun, nach Besprechung der Objectträger, gehen wir zu den Deckgläschen über.

Die Deckgläschen sind in ihrer Wirkungsweise schon oben, bei Besprechung des optischen Theiles erwähnt worden; es wurde deren Einfluss auf den Gang der Strahlen aus dem Objecte zum Objective besprochen, es wurde der Correctionssysteme Erwähnung gethan, welche den störenden Einfluss verschieden dicker Deckgläschen ausgleichen u. s. w. Hier haben wir hervorzuheben, dass das Deckgläschen einen wesentlichen Bestandtheil jedes mikroskopischen Präparates bildet.

Die Deckgläschen dienen nicht nur zum Schutze des Objectes, sondern sie helfen auch durch ihren, wenn auch sehr leichten, Druck die unebene Oberfläche der Objecte abflachen und in eine Einstellungsebene bringen. Oft kann allerdings bei sehr zarten Objecten dieser Druck störend werden, dann verwendet man ganz dünne Blättchen von Glimmer (Marienglas), welche man sich aus reinen, käuflichen Stücken unter Wasser mit einem Messer abspalten kann, falls man es nicht vorzieht, die Objecte auf eine der von uns noch zu besprechenden Methoden vor Druck zu schützen. Die Risse in dem weichen Glimmer stören freilich mitunter die Beobachtung.

Man fertigt heutzutage die Deckgläser aus dünnem, blasenfreiem Crownglase in Massen und in jeder Grösse und Form an, so dass heutzutage wohl selten ein Mikroskopiker in die Lage kommen wird, sich Deckgläschen nach Harting's Vorgange selbst zuschneiden zu müssen; auch aus Glimmer erhält man sie käuflich.

Was die Form anbelangt, so gibt es quadratische und runde, länglich viereckige und ovale. Die beiden letzteren Formen werden wir nur selten zu gebrauchen in die Lage kommen. Von den ersteren Formen verwende ich die quadratischen zu ex tempore vorgenommenen Untersuchungen, bei denen es sich nicht darum handelt, das Präparat für die Dauer als Dauerpräparat aufzubewahren, weil sie billiger und sicherer an einer ihrer Ecken anzufassen und zu handhaben sind, als die runden. Diese letzteren sind etwas theuerer, doch verwende ich sie nach Bachmann's Vorgange deshalb ausschliesslich zu Dauerpräparaten, weil sich letztere — wie wir weiter unten sehen werden — mittelst des sogenannten Drehtisches unter Benützung runder Deckgläschen weit sicherer und eleganter verschliessen lassen, als die mit quadratischen versehenen, welche die Anwendung des Drehtisches nicht zulassen.

[1] Man kann sich die geschnittenen selbst an den Rändern abschleifen, wenn man sie auf einer ebenen Gusseisenplatte (z. B. Herdplatte) mit feinem Schmirgel und Wasser an den Kanten abreibt. Etwa entstandene Eisenflecke entfernt man leicht mit salzsaurem Spiritus (2 Spiritus 75% + 1 Acid. hydrochlor. von 1·19 spec. Gew.). Objectträger mit nicht abgeschliffenen Kanten ruiniren die Abwischtücher.

Bei grösserer Uebung gelingt es übrigens, die Deckgläser rasch zu trocknen, indem man einen reinen, trockenen, zur Verhinderung des Ausfransens gesäumten Leinenlappen (aus weicher, oft gewaschener feiner Leinwand) so in die Hand nimmt, dass Daumen und Zeigefinger der rechten Hand von dem Lappen bedeckt sind, und nun mit der linken Hand aus der Glasdose die nassen Deckgläser aus dem Spiritus heraushebt, in einer Schale oder Tasse destillirten Wassers abschwemmt und der, wie vorerwähnt, mit dem Leinenlappen versehenen rechten Hand in den Zwischenraum zwischen dem Daumen und Zeigefinger zureicht, welche sie in derselben Art, wie man Geld zählt, trocken reibt. Wie erwähnt, erfordert diese Manipulation eine grössere Uebung. Wo diese jedoch fehlt, kann man sich zum Trockenreiben auch eines Putzklotzes bedienen, wie ihn Fig. 117 zeigt. *A* ist ein schwerer, runder Holzklotz aus Buchsbaumholz, bei *r* mit Rehleder überzogen. Dazu gehört ein Deckel *B*, der an der unteren Fläche auch mit Rehleder belegt ist. Die zu putzenden, oberflächlich getrockneten Deckgläser werden zwischen *A* und *B* gelegt und nach Aufdrücken von *B* auf *A* unter drehender mühlsteinartiger, gleichmässiger Bewegung des Deckels *B* auf dem Klotze *A* geputzt. Uebrigens wird selbst der Anfänger bald in der Lage sein, seine Deckgläser rasch und ohne viel Bruch zu bekommen, zu putzen, wenn er sich fleissig übt und in Bezug auf Reinlichkeit strenge ist. Auch beachte er, dass man das gereinigte Deckglas stets auf eine schwarze Unterlage bringe, da es dann spiegelt und leichter zu finden ist; sonst kann man oft lange ein bereit gelegtes Deckgläschen suchen, ohne es zu finden, obwohl es vor der Nase liegt.

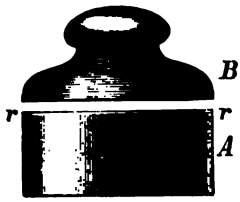


Fig. 117.

Um das gereinigte Deckgläschen leicht fassen und auf das Präparat bringen zu können, thut man gut, es in der in Fig. 118 dargestellten Weise auf ein schwarzlackirtes Cigarrenkistenbrettchen zu legen.

B ist das schwarzlackirte, auf dem Tische *T* ruhende Cigarrenkistenbrettchen, *D* das auf dieses derart gelegte Deckgläschen, dass die Kante *K* über den Rand des Brettchens frei hervorragt und somit mit einer Pincette leicht und sicher, ohne in Gefahr zu kommen, zerdrückt oder am Rande ausgesprengt zu werden, angefasst und auf das Präparat gedeckt werden kann.

Man kann auch in einen Holzklotz mit einer Laubsäge Schlitze schneiden und in diese die Deckgläser der Reihe nach einstecken, sobald sie gereinigt sind. Sie müssen dann entweder durch Ueberdecken mit einem Glassturze oder durch Einlegen in eine staubdichte Schachtel sammt dem Holzklotze, in dessen Schlitz sie stecken, vor Staub geschützt werden. Siebert hält solche Schachteln mit geschlitzten Holzklötzchen für Deckgläser von 18 *mm* bis 20 *mm* im Quadrat meist am Lager, doch fand ich die Schlitze etwas zu breit, so dass die Deckgläschen darin wackelten.

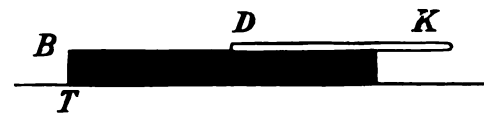


Fig. 118.

Man kann sich übrigens aus sogenanntem Pantoffelholz, in welches man mit einem scharfen Messer die Schlitze für die Deckgläser schneidet, leicht einen solchen „Deckglasständer" selbst anfertigen und ihn dann unter einen, bei jedem Glashändler käuflichen Glassturz bringen. Schliesslich sei bemerkt, dass die Deckgläser ihrer Zartheit und Gebrechlichkeit wegen manche Schwierigkeiten für den Anfänger mikroskopischer Arbeiten bereiten, und sie mussten deshalb in diesem Leitfaden ausführlichere Behandlung erfahren, als etwa in einem für Vorgeschrittenere bestimmten systematischen Lehrbuche. Folgen doch noch viele Anfänger dem wohlfeilen Rathe mancher

und Manipuliren mit Deckgläsern; auch die sogenannten „Kornzangen“ der Uhrmacher, wie solche in den sogenannten „Uhrenfourniturengeschäften“ der grösseren Städte zu billigen Preisen zu haben sind, sind hiezu recht geeignet, wenn man durch Uebung gelernt hat, den Druck der Finger der Zartheit und Gebrechlichkeit des Objectes anzupassen.

§ 71. Wir haben nunmehr Objectträger und Deckgläser und die zum Anfassen der letzteren ersonnenen Instrumente behandelt. Wir kommen nun auf das zu präparirende Material zu sprechen. Hier ist zu bemerken, dass es Körper gibt, die an sich schon klein genug sind, um unter dem Mikroskope im Ganzen betrachtet zu werden, und welche daher einer Zerkleinerung nicht bedürfen; hieher gehören pulverförmige Stoffe, wie z. B. Blüthenstaub (Pollenkörner), Schmetterlingsschuppen, feine Salzniederschläge u. dergl., ferner Haare, Kieselpanzer von Diatomeen und anderen Organismen etc. etc.; dieselben sind dann auch meistens in trockenem Zustand durchscheinend genug, um unter dem Mikroskope sogar trocken, d. h. ohne Zusatzflüssigkeit betrachtet werden zu können. Doch gewinnen die meisten derselben an Durchsichtigkeit und somit auch unter Umständen an feiner Detaillirung des Bildes, wenn sie in Einbettungsflüssigkeiten von einem von dem ihrigen verschiedenen, am besten höheren, Brechungsexponenten gelegt und so betrachtet werden. Davon werden wir weiter unten eingehender sprechen. Jetzt müssen wir hervorheben, dass das zu präparirende Material, respective die zu untersuchenden Stoffe oft schon aus in Flüssigkeiten suspendirten Körperchen bestehen, so z. B. die Pollenkörner im Honig.

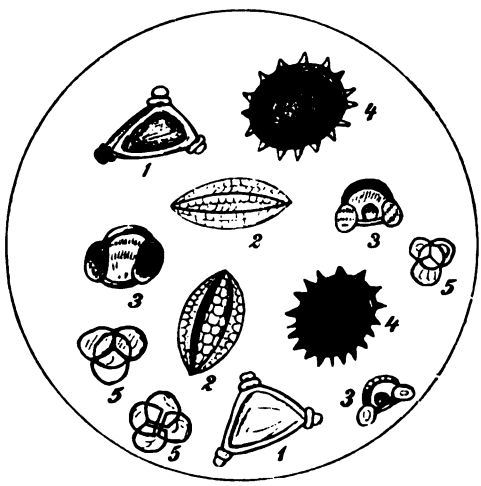


Fig. 122.

Von solchen Flüssigkeiten bringt man ohne weitere Vorbereitung mit einem dünnen Glasstäbchen ein Tröpfchen auf den Objectträger und bedeckt mit einem Deckgläschen, indem man letzteres behufs Ausbreitung des Tröpfchens mit der trockenen Seite des Glasstäbchens sehr sachte gegen den Objectträger drückt. Man erhält dann von frischem Honig deutscher Provenienz etwa ein Bild, wie Fig. 122 zeigt. Man erkennt also bei so kleinen Körperchen deren Zusammensetzung, respective organische Structur in einer meist für unsere Erkenntniss ausreichenden Weise. In Fig. 122 z. B. erkennen wir nach Dr. Hager sub 1 die Pollenkörner der Oenothera biennis (Nachtkerze), sub 2 des Narcissus jonquilla (Jonquille), sub 3 der von Pinus, sub 4 des Hibiscus Trionum (Stundeneibisch), sub 5 des Haidekrautes (Calluna oder Erica vulgaris), deren zusammengesetzte Pollen namentlich im Haidehonig sehr zahlreich vorkommen und ihn als solchen charakterisiren.

Aber die meisten Objecte, welche dem Mikroskopiker vorliegen, bedürfen zu ihrer Erforschung einer mitunter recht complicirten Behandlung, sei es, dass dieselben an sich zu gross und zu wenig durchsichtig sind, sei es, dass sie zu durchsichtig sind und dann weniger durchsichtig gemacht werden müssen, damit die Structur derselben besser hervortritt. Wir haben uns hier jetzt zunächst mit dem ersteren Falle zu befassen, dass die zu untersuchenden Stoffe wegen ihrer Grösse zu wenig durchsichtig sind. Man könnte sie allerdings im auffallenden

einer Mischung aus 70 Glycerin, 15 Alkohol, 15 Aqu. dest. und darau folgendes Bedecken mit dem Deckgläschen kann schon recht nette Präparat ergeben; zur Uebung empfehlen wir für den Anfänger einfache Kleiderstoff z. B. Alpacca, Seide, Jute u. dergl., als Untersuchungsobjecte, dann aber d mikroskopische Analyse von gemischten Stoffen, z. B. Halbseide (Seide un Baumwolle), Halbechtwolle (Baumwolle und Schafwolle) u. s. w. Mischt ma die obige Zusatzflüssigkeit ex tempore, so ist sie von zahlreichen Luftbläsche durchsetzt, deren Anblick den Anfänger als etwas Ungewohntes in Erstaune setzen könnte; wir bildeten selbe oben bereits schematisch ab. In Fig. 1

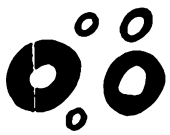


Fig. 126.

Fig. 127.

Fig 128.

zeigen wir sie so, wie sie im Glycerin am häufigsten unter dem Mikroskop zu erscheinen pflegen; sie zeigen, da sie vom Deckglase gedrückt oder durc die Capillarattraction zwischen Deckglas und Objectträger in ihrer Obe flächenspannung beeinträchtigt sind, nicht eine regelmässige, sondern eine ve zerrte Gestalt.

Da sie jedenfalls störende Beimengungen des Präparates darstellen, s muss man sie womöglich zu vermeiden suchen. Man bereitet sich desha die obige Flüssigkeit (70 Th. Glycerin, 15 Th. 90%iger Alkohol, rectifici und 15 Th. Wasser) nicht ex tempore, sondern hält sie in einem kleine Tropfglase vorräthig. Da das Glycerin etwas dickflüssig ist, so ist es gu wenn das Tropfglas einen trichterförmigen Hals hat, in welchem die übe schüssige, vom Tropfstift abträufelnde Flüssigkeit aufgefangen wird. Fig. 1 zeigt ein solches Stifttropffläschchen für Glycerinmischungen, welches b Rudolf Siebert mit 35 *gr* Inhalt blos 40 *h* kostet. Hebt man den stif förmigen Stoppel heraus, so hängt sich, nachdem man ihn abtropfen gelasse ein Tröpfchen Glycerin an die Spitze des Stiftes, und dieses Tröpfchen set man nach Bedarf dem auf dem Objectträger liegenden, erst zu zerzupfend oder schon zerzupften Objecte zu. Sehr praktisch haben sich für den g dachten Zweck die Arzneitropfgläser nach Schuster — wie Fig. 128 e solches zeigt — bewährt; auch diese sind bei Rudolf Siebert, und zwar sowo weiss als blau und braun für 40 bis 50 *h* zu haben. Sie sind nicht ga so dicht verschlossen, wie die sub Fig. 126 abgebildete Form, aber sehr b quem zu gebrauchen, indem man sie mit dem Schnabel gegen die zu b net. ende Stelle neigt. Auch die Lambert'schen Tropfgläser, welche [illegible] jeder Apotheke zu haben sind, lassen sich verwenden.

Andere Methoden, um grössere Körper unserer mikroskopischen B [illegible] nähe[illegible] zu bringen, sind jene, bei welchen von den grösseren Körpe [illegible] sehr scharfen, hiezu geeigneten Messer feine Schnitte gemac [illegible] Die Schnitte müssen so fein, respective dünn sein, dass sie durc [illegible] wenn man sie mit einer geeigneten Zusatzflüssigkeit befeuch [illegible] bringt. Es gibt sehr verschiedene Schnittmethode [illegible] sogenannten Skalpellen, mit Doppelmessern, mit Ras [illegible] Schneidemaschinen (sogenannten Mikrotomen) u [illegible] man schneidet ferner die Präparate in ihr [illegible] getrocknetem, aufgeweichtem, gehärtet [illegible] an sich sind zu mannigfach, um sie [illegible] zu können; wo es nöthig sein wi

werden aber auch wir die wichtigsten dieser Methoden anwenden lernen. Die wenigsten Objecte lassen sich übrigens in ihrem natürlichen Zustande in feine Schnitte zerlegen.

Indem wir von einem Körper solche Schnitte machen, theilen wir denselben gewissermassen in eine Anzahl von Ebenen, freilich nicht mathematische Ebenen, da die Schnitte ja eine gewisse Dicke haben.

Denken wir uns einen Wurzelzweig einer Pflanze, so können wir die Schnitte entweder senkrecht auf dessen Axe führen und dabei dünne Scheibchen von demselben abschneiden, oder das schneidende Werkzeug kann parallel mit der Axe geführt werden, oder endlich kann es in irgend einem Winkel zu der Axe des Wurzelzweiges gerichtet sein. In jedem dieser drei Hauptfälle der Schnittrichtung werden wir die Structur des Wurzelzweiges in einer anderen Dimension kennen lernen. Durch geistige Combination werden wir schliesslich auf diese Art dazu gelangen, uns ein ideelles Bild der wirklichen Gesammtstructur des untersuchten Objectes zu bilden, und werden umgekehrt auch in der Lage sein, die Formelemente des Objectes, wo wir ihnen begegnen, sofort als solche wieder zu erkennen.

Für diesen letzteren Zweck lässt sich in vielen Fällen die Schnittmethode durch die Zupfmethode ersetzen, aber durchaus nicht in allen; z. B. wird man nach der Zupfmethode kaum einen richtigen Begriff von den den Nadelhölzern eigenthümlichen sogenannten Tüpfelzellen bekommen; bei feinen Durchschnitten — und wären sie blos von einem Zündhölzchen mit einem sehr scharfen Federmesser abgenommen — zeigt uns jeder Schnitt diese charakteristischen Tüpfel im richtigen Zusammenhang mit der sonstigen Structur des Holzes.

Zertheilt man einen Körper in möglichst viele Schnitte, ja womöglich so, dass keiner entfällt, und legt diese Schnitte hintereinander auf einen Glasstreifen in derselben Reihenfolge auf, wie sie im Objecte lagen, so hat man eine sogenannte Schnittserie hergestellt, und die Schnitte heisst man Serienschnitte. Diese Serienschnitte geben dann das natürlichste Bild der Gesammtstructur des geschnittenen Körpers und finden heutzutage in der normalen, sowie in der pathologischen Histologie ausgedehnte Anwendung.

Uebrigens wird man meist mit einigen gut gelungenen, eventuell verschiedenen Theilen des Objectes entnommenen Schnitten das Auslangen finden, aber wie gesagt, die Schnitte müssen eben gelungen sein, das heisst es muss an ihnen Alles zu sehen sein, was für ihre Structur charakteristisch ist. Die Methode, Schnitte herzustellen, wollen wir im Folgenden besprechen.

Die Schnittmethoden.

I. Allgemeines.

§ 72. Es ist selbstverständlich, dass man, ehe man an die Ausführung einer Manipulation gehen kann, zuerst die Werkzeuge kennen lernen muss, mittelst welcher es möglich ist, die betreffende Manipulation leicht, sicher und in tadelloser Weise durchführen zu können.

Zum Anfertigen von Durchschnitten durch nicht zu harte Körper kann man sich des sogenannten Scalpells bedienen, welches annähernd die Form eines halbirten Weidenblattes haben soll, etwa wie die Fig. 129 zeigt.

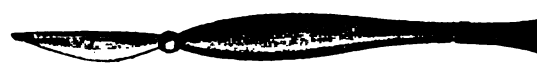


Fig. 129.

Doch finden solche Scalpelle, ebenso wie Lancetten u. dergl., mehr zum anatomischen Zerlegen von Pflanzen und Thieren, als zur Herstellung brauchbarer Durchschnitte bei der mikroskopischen Präparation Anwendung.

Das wichtigste und unentbehrlichste Werkzeug zur Herstellung feiner Durchschnitte ist und bleibt vielmehr das Rasirmesser, beziehungsweise eine rasirmesserähnliche, zum mikroskopischen Gebrauch eigens hergestellte Messerklinge; minder wichtig sind die Doppelmesser;[1]) dort, wo viele und möglichst gleichmässige Schnittpräparate gewonnen werden sollen, bedient man sich mit Vortheil eigener Schneidmaschinen, der sogenannten **Mikrotome.**

Früher verstand man darunter überhaupt alle Vorrichtungen zum Schneiden von für mikroskopische Beobachtung bestimmten Objecten, also auch allerlei Scheeren, welche man heutzutage durch feine anatomische Scheeren (krumme und gerade), ja sogar durch Stickscheeren mit Vortheil überflüssig oder doch entbehrlich macht, so z. B. das Fig. 131 abgebildete sogenannte Mikrotom von Strauss-Dürckheim, dessen Gebrauch sich schon aus der Abbildung ergibt.

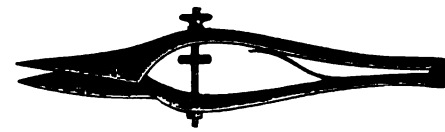


Fig. 131.

Die eigentlichen Mikrotome, noch vor 30 Jahren vielfach als etwas ganz Ueberflüssiges, ja Unzweckmässiges bekämpft, sind heute unentbehrliche Hilfsapparate vielbeschäftigter Mikroskopiker geworden und fehlen namentlich in keinem wissenschaftlichen Institute, welches weitgehendere mikroskopische Untersuchungen vorzunehmen hat. Aus dem Gesagten ergibt sich, dass wir —

---

[1]) Es sind zwei miteinander verbundene Messer, welche einander parallel gestellt werden können. Bei dem Valentin'schen lancettförmigen Doppelmesser, Fig. 130 *A* (*a* von der Fläche, *b* von der Kante der Messer aus gesehen), geschieht die Stellung der Messer mittelst des in einem Schlitze verschiebbaren Knopfes *k*; bei dem mehr messerartigen Harting'schen Doppelmesser (Fig. 130 *B*) geschieht die Annäherung mittelst der Schraube s—s_1, ähnlich wie bei den Branchen einer Reissfeder. Dippel selbst erzählt, dass er bis jetzt bei der Präparation vegetabilischer Objecte keinen Gebrauch von diesen Instrumenten machen konnte, und sie dienen wirklich ebenso wie die ähnliche Doppellancette und der Doppelmeisel heutzutage mehr als Luxusartikel, wie als wirkliche Behelfe; nichtsdestoweniger wollen wir den Gebrauch damit erläutern, dass wir Harting's Worte citiren. Wir können dabei nicht umhin zu bemerken, dass die Doppelmesser bei Untersuchung von Nahrungsmitteln unter Umständen ganz gut zur momentanen Herstellung dünner Schnitte aus frischen, weichen Geweben gebraucht werden können, und erhält man aus solchen Geweben grosse, gleichmässige Schnitte ohne viel Vorbereitung, gleichsam ex tempore. Dass dabei das zu untersuchende Object, z. B. eine egelverdächtige Thierleber, „in unschöner Weise zerhackt" wird, hat bei der Lebensmitteluntersuchung nicht viel zur Sache. Harting schreibt über das Doppelmesser folgende classische Worte: „Am besten wäre es aber, wenn man ein Mittel hätte — aus ganz frischen Geweben hinlänglich dünne Schnitte anzufertigen. Dazu sind die Doppelmesser von Gerber und Valentin bestimmt, welche weiter oben beschrieben wurden, zugleich mit den von mir (Harting) angebrachten Veränderungen. Zuverlässig ist das Doppelmesser in manchen Fällen ein sehr brauchbares Instrument; nur darf man nicht glauben, dass es überall und immer anwendbar ist. Sind die Theile sehr weich, wie das Gehirn und Rückenmark, so hat es mir (Harting) niemals gelingen wollen damit Schnitte zu bekommen, die, ohne dass zugleich Compression angewendet wurde, vollkommen durchsichtig ge-

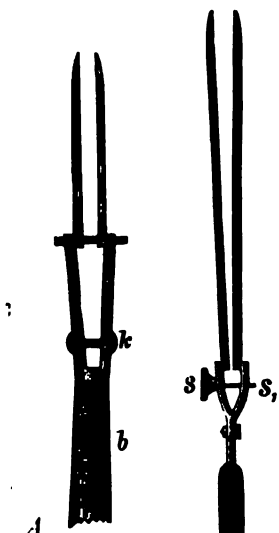


Fig. 130.

obgleich für die Zwecke einer für viele Untersuchungen genügende Orientirung ein geschickt geführtes, gutes Rasirmesser ausreichen dürfte — doch in diesem Leitfaden auch die Mikrotome behandeln müssen. Was die Rasirmesser anbelangt, so begegnet man in den verschiedenen Lehrbüchern über Mikroskopie den verschiedensten Ansichten sowohl über deren Beschaffenheit, als über deren Instandhaltung. Während der eine Autor leichte, schmale englische Rasirmesser empfiehlt, verlangt der andere dagegen breite, lange Messer, und zwar mit feststehendem Griffe. Während der eine Autor davor warnt, die Rasirmesser auf Oelsteinen mit Oel zu schleifen und auf Lederriemen abzuziehen, sondern nur Wassersteine empfiehlt und zum Abziehen ein breites, mit feinem weichen Leder überzogenes Brett als einzig taugliches Mittel bezeichnet, befiehlt der andere, das Rasirmesser mit Oel zu schleifen und auf einem spannbarem Riemen von festem Leder abzuziehen. Ja, Manche empfehlen gar zum Schärfen der Messer eine mit geschlemmtem Trippelpulver überzogene Glasplatte und Abziehen mit Diamantstaub, wie z. B. der classische Harting. Wir sind durch vielfache eigene Versuche und Versuche von Freunden zu der Ueberzeugung gekommen, dass eine geschickte, geübte Hand mit jedem wirklich gut geschliffenen Rasirmesser von tauglich vorbereiteten Objecten gute Schnitte erhalten kann, empfehlen aber dem Anfänger, sich mindestens drei Stück Rasirmesser von folgender Beschaffenheit anzuschaffen:

Eines mit einem Querschnitt, wie Fig. 132*a* zeigt, aus bestem englischen Stahl und eventuell mit feststellbarer Klinge; es ist bei Rudolf Siebert zum Preise von *K* 4 bis *K* 8 zu haben, und habe ich mich von der Trefflichkeit

---

wesen wären. Bei ziemlich festen, zumal faserigen Organen, wie etwa des Uterus, ist es aber ganz am Platze.“ Wir hören also, dass Harting ohne gleichzeitige Compression von weichen Geweben keine befriedigenden Resultate erhielt; für härtere Gewebe besitzen wir aber im Rasirmesser ein besseres Hilfsmittel, weshalb die Anwendung des Doppelmessers nur unter Zuhilfenahme einer passenden Compression — etwa durch Aufdrücken des Deckglases oder Anwendung eines der später zu beschreibenden Compressorien — heutzutage gerade nur zu Proben aus weichen Geweben empfohlen wird. Schieffer-decker liess von Walb in Heidelberg ein Doppelmesser aus zwei Rasirmesserklingen verfertigen, die ein Keil, welcher durch eine Schraube im Griffe bewegt wird und dem eine starke Feder entgegenwirkt, einander je nach der gewünschten Dicke der Schnitte zu nähern und zu entfernen gestattet; dieses Doppelmesser soll sich besonders für sehr weiche Objecte aus der thierischen Histologie eignen. Dr. Frey beschreibt ein verbessertes Doppelmesser aus englischen Messerschmiedwerkstätten, wir übergehen aber dasselbe, da es unseren Lesern kaum zugänglich sein dürfte. Man hat auch neuerer Zeit Doppelmesser mit einer Feder zwischen den zwei Klingen. Das scheint nicht gut zu sein, und Dr. Friedländer in Berlin äussert sich hierüber: „Die meisten Instrumentenmacher machen die Feder zwischen den zwei Branchen des Doppelmessers zu stark; oft habe ich es vortheilhaft gefunden, diese Feder ganz zu entfernen.“ Wir haben oben gesehen, dass das in Fig. 130 *B* abgebildete Harting'sche Doppelmesser gar keine besondere Feder hat, dass man also auch keine zu entfernen braucht. Harting scheint uns also in Sachen des Doppelmessers, sowie in vielen anderen Angelegenheiten des Mikroskopikers eine Autorität zu sein, von der man auch heutzutage noch viel lernen kann. Ueber den Gebrauch selbst schreibt Harting: „Die gehörige Benützung des Doppelmessers erfordert besondere Rücksichten. Sind die beiden Klingen mittelst der Schraube (Fig. 130 *B* s—s_1) in die Stellung gebracht worden, welche man für die passendste erachtet, so taucht man dieselben in Wasser, so dass ihre Innenfläche ganz nass wird. Man fängt mit dem hintersten, der Hand zugekehrten Theile des Doppelmessers zu schneiden an, weil hier (Fig. 130 *B*, *c*) das Interstitium der beiden Klingen am kleinsten ist, und zieht das Messer mit einem Schnitte unter sanftem Drucke gegen sich; denn wollte man beim Schneiden hin- und herfahren, so würde der bereits zwischen beide Messer gefasste Theil dadurch zerrissen werden. Durch Lockern der Schraube entfernt man hierauf beide Klingen von einander, und den an der einen Klinge haftenden Schnitt spült man mit etwas Wasser ab.“ So Harting über die Benützung des Doppelmessers. Schliesslich bemerken wir noch, dass bei Instrumentenmachern für Chirurgie, wie z. B. bei Franz Marconi in Wien, das sogenannte scalpellförmige Heschl'sche Doppelmesser (mit Feder) zum Preise von *K* 8.— zu haben ist. In Deutschland führen die meisten Handlungen für den mikroskopischen Bedarf Doppelmesser.

des Stahles durch Sachverständige überzeugt. Dieses Messer dient zum Durchschneiden zarter, grosszelliger, pflanzlicher Gewebe, namentlich aber auch für die meisten thierischen Objecte. Ein zweites, mit einem Querschnitt, wie Fig. 132 *b* zeigt, dient für weiche, frische Wurzeln, Stengel u. dergl., ein drittes (Fig. 132*c*) für harte, getrocknete Wurzeln, Hölzer und die in der thierischen Histologie vorkommenden Knorpelschnitte, für die in der Lebensmitteluntersuchung nothwendig werdenden Durchschnitte durch Samenschalen und für die weiter unten zu besprechenden gefrorenen Objecte.

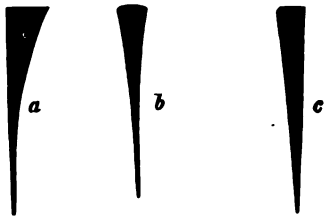


Fig. 132.

Man kann sich die zwei letzteren Rasirmesserformen leicht von jedem besseren Messerschleifer oder Instrumentenmacher anfertigen lassen; man kann namentlich die Sorte *c* leicht durch ähnlich geformte, von Barbieren zurückgelegte und deshalb billig zu habende Messer ersetzen. Da die Sorte *c* zu den Schnitten durch verhältnissmässig harte Materialien gehört, so leidet sie am meisten, und es ist gut, diese in mehreren Exemplaren vorräthig zu halten, um immer scharfe Messer zur Disposition zu haben. Für grössere Schnittflächen reichen übrigens die Rasirmesser nicht aus, und man erhält hiezu eigens gefertigte Klingen, die für Anwendung beim Schneiden harter Objecte einen sehr dicken Rücken haben müssen, damit sie sich nicht ausbiegen.

Was die Instandhaltung der Messer betrifft, so schleift man die stumpfgewordene Klinge zuerst auf einem möglichst grossen blauen Wassersteine scharf, indem man das Messer stets ganz flach hält, so dass Rücken und Schneide gleichzeitig den Stein berühren, und es (nach Dippel) mit der Schneide voran und unter stetem Wechseln der Seiten auf dem Steine hin- und herzieht. Dann zieht man das Messer ebenso, aber unter sehr mässigem Druck, auf einem sogenannten Oelsteine womöglich unter Anwendung sogenannten Knochenöles ab, bis unter der Lupe die Schneide keine Scharte zeigt. Hierauf gibt man den Messern auf folgende Art eine Politur und die höchst erreichbare Schärfe:

Man nagelt über ein Brett von mindestens 30*cm* Länge und 10*cm* Breite einen Fleck aus dickem Flanell derart auf, dass die Spannägel auf den schmalsten Seiten des Brettes eingeschlagen werden und dass der Flanellstoff möglichst glatt gespannt ist: über den Flanell kommt dann auf dieselbe Art ein Stück Rehleder mit der Haarseite nach oben aufgenagelt.

Die Haarseite ist jene Seite des Leders, von welcher bei der Zubereitung des Leders die Haare entfernt worden sind.

Man macht sich am besten gleich zwei solche „Abziehbretter". Das eine wird mit einer Paste aus feingeschlemmtem Englischroth ($Fe_2 O_3$) und Stearinöl eingerieben, das andere mit feinstem Trippelpulver, welches mit Vaselin angerieben ist.

Vom Laboratorium des Dr. Grübler & Co. in Leipzig, Bayerische Strasse 63, welches sich speciell mit der Herstellung von Utensilien und Reagentien für Mikroskopie befasst, ist der Zimmer'sche Streichriemen zu beziehen. Dieser hat vier Abziehseiten, die mit verschieden feinem Abziehmaterial versehen sind. Die Seiten 1 und 2 werden nur zum Ausschleifen etwa entstandener Scharten verwendet; Seite 3 zum Anschleifen ganz stumpfer Messer; die Lederseite 4 dagegen ist die Abziehseite, auf welcher fast nach jedem Schnitte die feine Schneide des Messers restituirt werden soll. Die oben beschriebenen zwei Abziehbretter in Verbindung mit dem Oelsteine ersetzen uns den Zimmer'schen Streichriemen vollständig.

Man zieht nach dem Schleifen am Oelstein das Messer zuerst auf dem mit Englischroth und dann auf dem mit feinstem Trippelpulver überzogenen

Anwendung des kleinen Apparates, welcher von Gebrüder Fromme, Mechaniker und Optiker in Wien, IX., Universitätsstrasse 12, von C. Reichert in Wien u. A. je nach Grösse (für Rasirmesser genügt die kleinste Nummer) um den Preis von *K* 1.60 bis 5.— zu beziehen ist, ergibt sich aus unserer Abbildung von selbst; es wird an der vorderen Kante ein Keil aus zwei Facetten hergestellt. Die grösseren Nummern dienen zum Abziehen der flachen Formen der zu den Mikrotomen (Schneidmaschinen) gehörigen Messer.[1]) Zum Verständniss der Anwendung der letzteren Hilfsmittel (Mikrotome) bildet das Schneiden aus freier Hand eine sehr gute Vorschule, denn alle Mikrotome sollen blos sicherer und rascher das erzielen helfen, was beim Schneiden aus freier Hand angestrebt wird: durch das zu untersuchende Object möglichst dünne, grosse und in der Structur zusammenhängende Schnitte zu legen. Das Pulsiren der Handadern und das Muskelzittern verhindern namentlich dort, wo es sich um sehr grosse Objecte, z. B. das Gehirn eines Menschen, handelt und deshalb keine gewöhnlichen Rasirmesser, sondern sehr grosse (lange) Messer angewendet werden müssten, eine gleichmässige Schnittführung; aber auch bei dem gewöhnlich zu verarbeitenden kleineren Material, gehöre es nun dem Thier- oder Pflanzenreiche an, wird dem Praktiker das Mikrotom viel Zeit und Mühe ersparen, wenn er erst durch fleissige Uebung des Frei-

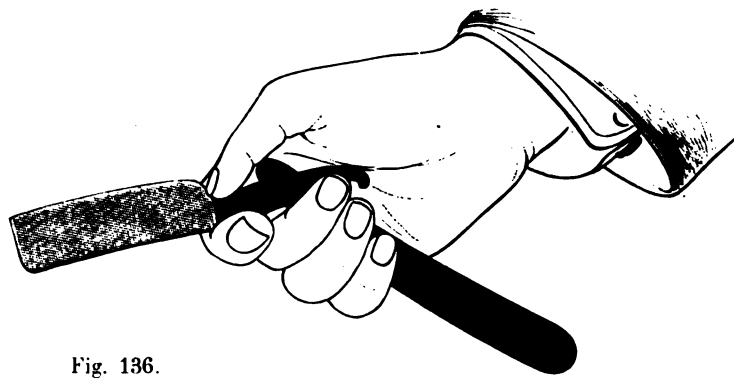


Fig. 136.

handschneidens gelernt hat, sich bezüglich aller die Schneidbarkeit eines Objectes bedingenden Momente bei jedem Material zu orientiren.

Auch um den Vortheil der Mikrotome würdigen zu können, muss man die Methoden des Schneidens von Objecten aus freier Hand durchaus verstehen, und wir gehen deshalb gleich auf diese ein.

Man versucht es, zunächst von einem Krautstengel, Kohlstrunk, Erdäpfelknollen u. dergl. oder von einem Stängelchen Hollundermark mit dem Rasirmesser Fig. 132 *c* möglichst feine Abschnitte zu machen. Man verfährt dabei so: Man führt zuerst einen Schnitt in der gewünschten Richtung (am leichtesten sind Querschnitte), um sich eine ebene Fläche an dem zu schneidenden Gegenstande zu schaffen. Dann fasst man den Gegenstand zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand und setzt das mit der rechten Hand nahe an dem Gelenke gefasste Rasirmesser auf die ebene Schnittfläche auf. Hiebei ist über die Messerhaltung nach Wilhelm Behrens[2]), welcher unter den deutschen Botanikern wohl als einer der tüchtigsten Kenner der modernen

[1]) Für die später zu beschreibenden Mikrotommesser mit geschweiftem oder im Winkel abgebogenem Griff dient, da hier das Rohr sich nicht gut anbringen lässt, eine andere Abziehvorrichtung, die wir weiter unten abbilden und beschreiben werden.

[2]) Leitfaden der botanischen Mikroskopie von Wilhelm Behrens, Braunschweig, bei Hara'd Bruhn, 1890, S. 116 u. ff.

Fischer genannt, indem man das spatelförmige Ende des Präparatenfängers unter den Schnitt schiebt und sammt dem Schnitte heraushebt. Sehr weiche Schnitte werden mit einer Nadel unterfangen, und der Schnitt soll, wie Professor Sigmund Exner sich populär ausdrückt, daran hängen, „wie Wäsche an einem Strick".

Die herausgefischten Schnitte legt man auf einen Objectträger, breitet sie mit dem Pinsel sachte aus, bedeckt mit dem Deckglas und untersucht bei circa 400maliger Vergrösserung. Ein tadelloser Schnitt von Hollundermark z. B. muss das Parenchym des Markes so zeigen wie Fig. 138.

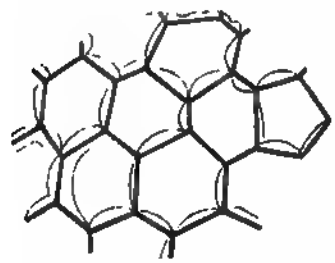


Fig. 138.

Zu dicke Schnitte zeigen bei schwächeren Vergrösserungen ein Durchschimmern der unteren Zellschichten und wenig Licht, zu dünne Schnitte dagegen zahlreiche Einrisse und Zellenfragmente. Bei stärkeren Vergrösserungen (400- bis 600mal) zeigen dicke Schnitte gar kein deutliches Bild mehr, sondern nur nebelhafte, durcheinanderschwimmende Contouren.

Man halte daher die goldene Mittelstrasse ein.

Diese richtige Dicke, welche sich bei den später zu beschreibenden Mikrotomen leicht feststellen lässt, ist aus freier Hand nicht ohne grosse Geschicklichkeit zu erzielen.[1]) Meist fallen die Schnitte eher zu dick als zu dünn aus und die dünnen haben eine ungleiche Dicke. Dies liegt häufig darin, dass die Facetten der Messerschärfe (Schneide der Klinge) nicht die richtige Orientirung zur Bewegungsebene besitzen, ein Umstand, den wir beim Schneiden aus freier Hand kennen und abschätzen lernen und welcher beim Schneiden mit den Mikrotomen natürlich auch in Betracht kommt, wie wir später sehen werden.

Schiefferdecker hat dies in dem oben citirten Werke durch zwei Figuren, die wir in dem Text abdrucken, recht anschaulich dargestellt. In Fig. 139 ist *M* das Messer, *f* die etwas übertriebene Schlifffacette der Messerschärfe, *Obj.* das zu schneidende Object, *Sch* der sich ablösende Schnitt; der Pfeil deutet die Bewegungsrichtungs-Ebene an, während die punctirte Linie die Ebene der unteren Schlifffacette (Facettenebene) darstellt. Am günstigsten für das Eindringen des Messers ist es nun, wenn die Bewegungsebene

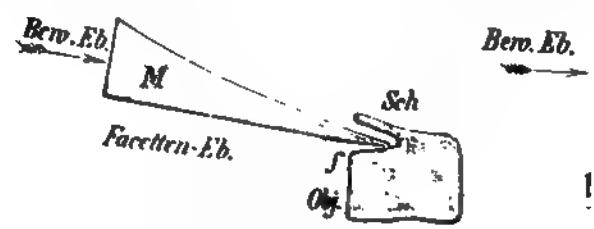


Fig. 139 Fig. 140.

parallel ist mit der Facettenebene, am ungünstigsten, wenn die Facettenebene wie in Fig. 140 gegen die Bewegungsebene des Messers zu geneigt ist, weil dann das Messer auf das unter ihm befindliche Object einen Druck ausüben wird, der entweder bei sehr dünnen Klingen oder harten Objecten ein Ausbrechen des Messers oder eine Verletzung des Objectes zur Folge hat. [illegible] Da die Bewegungsrichtung des Messers senkrecht auf dessen

[illegible] von genügend zubereiteten Objecten Schnitte von [illegible] machbar sind.

Rückenfläche zu sein pflegt (besonders bei der hobelnden Art des Schneidens), so ist das Messer desto günstiger geschliffen, je mehr der Winkel, den die untere Facette mit der Rückenebene des Messers bildet, sich einem Winkel von 90° nähert, desto ungünstiger, je spitzer dieser Winkel wird. Da sich leider, besonders bei auf der einen oder auf beiden Seiten flachen (nicht hohlgeschliffenen) Messern eine solche zum Messerrücken senkrechte Facette beim Abziehen nicht herstellen lässt, wie schon oben erwähnt wurde, als von der Walb'schen Abziehvorrichtung die Rede war, so muss man das Messer beim Schneiden so halten, dass die untere Facette in die Bewegungsrichtung zu liegen kommt, weil dann der günstigste Fall eintritt, dass Bewegungs- und Facettenebene keinen Winkel bilden, sondern parallel sind.

Durch Vergleichen mit guten Abbildungen wird man nach wenigen Wochen aus an sich harten Objecten, wie z. B. Stengeln, Wurzeln, Knorpeln etc., tadellose Schnitte herstellen gelernt haben. Dabei wird man zweierlei wahrgenommen haben:

1. Dass sich weichere Objecte schwerer schneiden lassen als härtere (natürlich sehen wir von ganz harten Objecten, wie Horn, Bein u. dergl., vorläufig ab).

2. Dass sich grössere Objecte, die dem Messer eine breitere Fläche darbieten, leichter schneiden lassen als kleinere, und dass sich ganz kleine Gegenstände, z. B. Haare u. dergl., nach der bis jetzt beschriebenen Manipulationsart gar nicht schneiden lassen.

Thatsächlich ist es auch eine wichtige Aufgabe der modernen Mikrotechnik gewesen, den sub 1. und 2. angeführten Wahrnehmungen Rechnung zu tragen; bei der ersteren geschah dies durch die sogenannten Härtungsmethoden.

Eine Härtungsmethode muss — soll sie den Zweck erfüllen — einem weichen Körper eine „schnittfähige" Consistenz geben, ohne dabei dessen Structur wesentlich zu verändern. Die älteste Härtungsmethode war die des Trocknens. Man kann selbe, da sie auf Verdunstung beruht — die flüssigen Theile trocknen aus — eine „physikalische" nennen. Fast ebenso alt ist jene durch Kochen. Neuerdings kocht man Lungen- und Nierenstücke, indem man sie auf 2 bis 3 Minuten in siedendes Wasser wirft, um sie zu härten; besonders Exsudate werden durch Kochen schön vorgehärtet, erfordern aber meist noch eine Nachhärtung durch eine der im Folgenden beschriebenen Härtungsmethoden. Ueberhaupt werden heutzutage oft mehrere Methoden combinirt, auch ältere mit modernen.

Die nächstälteste ist die Härtung durch Einlegen in Alkohol; sie ist eine mehr chemische, da der Alkohol die Albuminstoffe gerinnen macht, beruht aber ebenfalls darauf, dass der Alkohol dem Objecte Wasser entzieht, dasselbe also gewissermassen auf chemischem Wege austrocknet. Ausser diesen gibt es noch zahlreiche andere chemische Härtungsmethoden, die wir an passender Stelle kennen lernen werden; es gibt aber eine ganz moderne und sehr wichtige physikalische Härtungsmethode, weil sie die Structur der zu härtenden Objecte beinahe unverändert lässt (freilich nicht ganz unverändert), und weil sie das Schneiden ganz frischer Organe gestattet, es ist dies die Gefriermethode.

Bei den Mikrotomen werden wir eine Vorrichtung kennen lernen, welche das Anfrieren des zu schneidenden Objectes auf eine Metallplatte jederzeit, selbst im heissen Zimmer, möglich macht; hier wollen wir erwähnen, dass man behufs Anfrierenlassens ohne besonderen Apparat feingehacktes Eis (noch besser Schnee) mit gewöhnlichem Kochsalz gemischt in eine Theeschale gibt, in welche man einen passenden Becher von Blech oder noch besser einen zinnenen gestellt hat. In den zinnenen Becher kommt auf einen

grossen Kork das befeuchtete Object. In einen tiefen Teller kommt gleichzeitig dieselbe Kältemischung und in diese gräbt man die Klinge des Rasirmessers unter möglichster Schonung der Schneide ein. Nach wenigen Minuten sinkt ein in jene Mischung, in welcher der metallene Becher mit dem Objecte steht, eingesetztes Thermometer nach Celsius auf 12° unter den Nullpunkt, und dann weiter: zeigt das Thermometer 16 bis 18° unter Null, so nimmt man den Kork mit dem nunmehr angefrorenen Objecte heraus und schneidet mit dem ebenfalls abgekühlten Rasirmesser. Das letztere eigens zu befeuchten, ist hier nicht nöthig, da sich an der kalten Klinge Wasserdampf in Menge zu destillirtem Wasser niederschlägt.

Andere, stärkere Kältemischungen anzuwenden wird man selten in die Lage kommen; mangelt aber das Eis, so nimmt man ein becherförmiges Trinkglas, stellt ein recht dünnes Kochbecherglas hinein, welches über den Rand des Trinkglases etwas hervorragen kann, gibt in diesen Kochbecher den Kork mit dem anzufrierenden Objecte, füllt den Zwischenraum zwischen beiden Gläsern vorsichtig mit Sal mirabile Glauberi ($S O_4 Na_2$) in Krystallen und schüttet durch einen bis auf den Boden des Trinkglases reichenden Trichter nach und nach Salzsäure (Acid. muriaticum crudum) ein. Dadurch gefriert das Object in dem Kochbecher, den man zur Verhinderung der Wärmeausstrahlung mit einem ebenen Brettchen bedeckt hat, weil das im Glaubersalz chemisch gebundene Krystallwasser beim Hinzufügen der Salzsäure sich verflüssigt und die Temperatur auf — 17° C. sich erniedrigt, indem die Schmelzungswärme latent wird. Das Rasirmesser, welches man in diesem Falle natürlich nicht in die salzsaure Glaubersalzmischung einbetten kann, kann ohne Eis dadurch gekühlt werden, dass man es in Aether taucht und den Aether durch Schwenken des Messers möglichst rasch abdunsten lässt. Dies ist die wichtigere physikalische Methode der Härtung; die minder wichtige, die Trocknungsmethode, haben wir ebenfalls erwähnt und wollen dieselbe gleich besprechen, da sie für die meisten hiezu geeigneten Objecte gleichartig praktisch werden kann, wenn auch eine gewisse Rücksichtnahme auf die Beschaffenheit des zu härtenden Körpers auch hier nicht ganz ausser Acht gelassen werden darf. Viele Objecte lassen sich überhaupt durch Trocknen nicht schneidfähig machen.

Man kann das Trocknen entweder mittelst der natürlichen Wärme der Luft, eventuell bei Körpern, deren Farbe nicht zu sehr im Lichte modificirt wird, oder wo eine solche Modification gleichgiltig ist, an der Sonne durchführen, oder man kann hiezu künstliche Mittel, wie Chlorcalcium, das Vacuum oder künstliche Wärme anwenden.

Da das Trocknen heutzutage nur eine untergeordnete Rolle unter den Härtungsmethoden spielt, so wird man sich wohl kaum einen eigenen Trockenapparat behufs Trocknung von Geweben auf künstlichem Wege anzuschaffen brauchen. Harting und nach ihm Dippel bilden eine ziemlich complicirte Vorrichtung zum Trocknen mit heisser Luft in ihren Werken ab, und wir glauben deren Abbildung und Beschreibung umso eher unterlassen zu können, als dieser Apparat nur mehr historischen Werth haben dürfte. Dagegen lässt sich ein zu bakteriologischen Versuchen als Sterilisirungs- oder Vegetationskasten zur Noth ebenfalls brauchbarer Trockenofen zweckentsprechend als Trockenapparat zur Vorbereitung von Objecten für den Schnitt verwenden, und seine Anschaffung ist also eine auch aus anderen Gründen durchaus nicht unnütze Auslage, abgesehen davon, dass man in einem solchen Ofen, wie wir später sehen werden, in zweckentsprechendster Weise die Verschlüsse von Canadabalsam-Dauerpräparaten sowohl erhärten, als die misslungenen wieder aufweichen kann.

Wir bilden einen solchen Trockenofen, wie selber bei Rudolf Siebert in Wien aus Weissblech schon zum Preise von 6 *K* zu haben ist (aus Kupfer kostet er mehr), in Fig. 141 ab. Die Zwischenwände werden durch den einen Tubus mit Wasser gefüllt und unter den Apparat eine Spiritus- oder Bunsenflamme gesetzt; in den zweiten mittleren Tubus setzt man mittelst Kautschukstöpsels ein Thermometer ein und in den Kasten selbst bringt man die zu trocknenden Objecte am besten in offenen Glasdosen; selbe an Drahthäkchen aufzuhängen, wie Harting vorschlägt, dürfte bei diesem Apparat nicht nöthig sein.

Zum Trocknen verwende man nach Harting und Dippel nur möglichst fettfreie, kleine Stückchen des betreffenden Gewebes, die indessen immerhin eine solche Ausdehnung besitzen müssen, dass sie auch nach dem Einschrumpfen dem Messer eine noch hinreichend grosse Schnittfläche bieten.

Fig. 141.

Neben die Objecte kann man immerhin ein Schälchen mit calcinirtem Chlorcalcium oder mit Schwefelsäureanhydrid bringen. Dann schliesst man die Thüre des Kastens und wartet, bis das Thermometer 45° Celsius anzeigt; meist werden dann die Objecte eine seifen- oder hornartige Consistenz erreicht haben. Sie lassen sich dann schneiden und geben unter destillirtem Wasser oft ein dem frischen Gewebe sehr ähnliches Bild, wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtet. Ich habe auf diese Art einen Regenwurm getrocknet, und er liess sich dann mit dem Rasirmesser wie ein Weidenstengel schneiden. Mit destillirtem Wasser aufgeweicht und unter Zusatz eines Tropfens einer Mischung von 70 Glycerin, 15 Alkohol und 15 Aqua destill. auf den Objecttisch des Mikroskops gebracht, zeigte der Schnitt die Organe des Wurmes mit fast schematischer Deutlichkeit. Für histologische Studien ist freilich diese Methode im Allgemeinen nicht geeignet, denn viele Objecte vertragen weder ein Trocknen noch ein Wiederaufweichen, und bei diesen bleibt man auf chemische Härtungsmethoden angewiesen, falls die Gefriermethode nicht angewendet werden kann oder man selbe nicht anwenden will. Auch durch eine andere, in der Mitte zwischen physikalischen und chemischen Härtungsmethoden liegende Methode kann man weiche Gewebe schneidbar machen, indem man nach Schleiden den zu schneidenden Gegenstand mit einer dicken Lösung von Mucilago gum. arab. tränkt, welcher man, damit sie nach dem Trocknen nicht zu spröde wird, einige Tropfen Glycerin und etwa 5 Volumpercent Syrupus simplex zugesetzt hat. Man lässt dann den getränkten Gegenstand an der Luft auf einer Tasse eintrocknen oder, wenn er klein ist, gleich auf einem Korkstöpsel. Dann macht man die Schnitte und bringt sie in ein Schälchen, in welchem sich etwas nicht über 40° Celsius erwärmtes Wasser befindet. Hat sich das Gummi aufgelöst, so kann man die Schnitte, mit obiger Glycerinlösung befeuchtet, unter dem Mikroskope betrachten. Hier sehen wir also die rein physikalische Trockenmethode mit einer Einbettung in eine erhärtende Masse vereinigt.

Wir werden bald sehen, dass man unter gewissen Umständen auch auf anderem chemischen Wege gehärtete Gegenstände in schneidbare — ursprünglich flüssige — dann erhärtende Massen, wie z. B. Gummilösung, Seifenlösung, Gelatine, Paraffin u. dergl., „einbettet", um sie besser schneidbar zu machen.

Aber man hat schon früher die damals noch unvollkommenen chemischen Härtungsmethoden mit der rein physikalischen Trockenmethode combinirt, um gut schneidbare Objecte zu erlangen. So hat man die Objecte, bevor man sie in den Trockenapparat brachte, vorher in Wasser, Essig oder ver-

dünnter Natronlauge gekocht, in heisses Acid. nitric. dilut. getaucht oder zwei bis drei Tage in Holzessig eingeweicht, und Dippel spricht sich über diese Methoden, soweit sie thierische Gewebe betreffen, nicht ungünstig aus; doch hat man dafür heutzutage viel schonendere chemische Erhärtungsmethoden.

Wie wir bereits oben ausgeführt haben, hat man für die verschiedenen Objecte verschiedene chemische Härtungsmethoden, und wir können diese nicht alle hier aufzählen. Doch gibt es gewisse, vielfach verwendbare Härtungsmethoden, welche namentlich Demjenigen, der sich nicht speciell mit Histologie zu befassen hat, ausreichende Dienste leisten. Wir haben bereits oben erwähnt, dass die älteste chemische Härtungsmethode jene mit Alkohol ist, indem dieser den Objecten einerseits Wasser entzieht und sie so auf chemischem Wege austrocknet, andererseits die in frischem Zustande flüssigen Eiweissstoffe (Albuminate) der Objecte zum Gerinnen bringt, dieselben also in einen schneidbaren Zustand versetzt. Dagegen löst der Alkohol manche Fettsubstanzen und viele Extractivstoffe auf; wo es also auf die Demonstration dieser in einem mikroskopischen Präparate ankommt, darf natürlich Alkohol nicht zur Härtung angewendet werden, sonst aber ist wirklich reiner Alkohol in Abstufungen bis zu einer Verdünnung mit 80 bis 85 und bei sehr zarten Geweben gar 90 Gewichtspercenten Wasser ein für die meisten Gewebe brauchbares Härtungsmittel. Man legt dabei die zu härtenden Objecte zuerst in 10%igen, dann 15%igen, dann 20%igen, dann 50%igen, dann 75%igen und schliesslich in absoluten Alkohol, bis sie die zum Schneiden nöthige Consistenz angenommen haben, was natürlich nach Verschiedenheit der eingelegten Gewebe eine verschieden lange Zeit erfordert, so dass sich hierüber eine allgemeine Regel nicht geben lässt. Die durch die Gerinnung der Albuminate in den mit Alkohol gehärteten Objecten hervorgerufene Trübung lässt sich durch Einlegen des Schnittes in Nelkenöl (Oleum Caryophyllorum) oder in oberwähnte Mischung aus 70 Glycerin, 15 Alkohol und 15 Aqu. dest. in den meisten Fällen aufhellen.

Drüsige Gebilde, der Darmcanal und überhaupt die Verdauungswerkzeuge geben mit Alkohol erhärtet sehr gute Bilder, wogegen z. B. die Retina des Auges, die meisten Nerven, Schleimhäute mit Flimmerepithelbekleidung, zarte Embryonen durch die Härtung in absolutem Alkohol keine unveränderten Schnitte geben, nämlich keine solchen, deren Structur noch im Wesentlichen der normalen entspricht. Hier leistet die von Hannover im Jahre 1840 zuerst empfohlene Chromsäure[1]) als Härtungsmittel gute Dienste, namentlich für histologische und pathologische Zwecke. Auch hier bewährt sich das Ein-

[1]) Chemisch reine Chromsäure in destillirtem Wasser gelöst, so dass auf 100 Gewichtstheile Wasser 0·5, 1, höchstens 2 Gewichtstheile der Chromsäure kommen. Ganz frische Theile erfordern zum Härten eine schwächere, minder frische Theile eine stärkere Lösung, doch soll die Concentration 2 Gewichtspercente nicht übersteigen (Frey). Die Lösungen, besonders die schwächeren, neigen zur Schimmelbildung. Man nimmt deshalb nach Erreichung des nöthigen Härtegrades die Objecte aus der Flüssigkeit heraus und bewahrt sie bis zur Verarbeitung in 60%igem Alkohol auf. Zusätze von aseptischen Substanzen sind im Allgemeinen nicht zu empfehlen, weil deren Wirkung auf die Structur zarter Objecte nicht erwünscht ist; ein mehrtägiges Einlegen von Kampher in das Wasser, in welchem man die Chromsäure löst (Kampherwasser), hat jedoch nach meinen Erfahrungen stets die Schimmelbildung hintangehalten und den zu härtenden Objecten keinen Schaden gebracht. An Stelle der Chromsäure werden zum Härten auch deren Salze benützt. Am bekanntesten ist die Müller'sche Augenflüssigkeit geworden, so benannt, weil sie H. Müller zunächst zur Erhärtung der Retina des Auges empfohlen hat. Sie besteht aus:

	Gramm
Aqua destillata	100
Kali bichrom.	2—2·5
Natron sulfur.	1

und ist auch für andere zarte Objecte brauchbar. Zwei Wochen sind jedoch die kürzeste Zeit, deren die Härtungsflüssigkeit bedarf, um ein Object schnittfähig zu machen. So wie

noch später bei der vorerwähnten Herstellung von Dauerpräparaten durch Einschluss in Harzen brauchen werden, um das Wasser aus den Objecten fortzuschaffen, vermag auch bei dem allerempfindlichsten Material dasselbe allmälig gleichzeitig zu härten und zu fixiren. Am vollkommensten erzielt man eine solche allmälige Einwirkung durch Anwendung des von F. E. Schultze angegebenen Apparates.

Derselbe besteht, wie Fig. 142 in schematischem Durchschnitte zeigt, aus einem grossen Gurkenglase G, auf dessen Boden sich bei K geglühter Kupfervitriol (calcinirtes Kupfersulfat) befindet. Auf diesen ist absoluter Alkohol aufgefüllt, der sich längere Zeit wasserfrei erhält, weil geglühter Kupfervitriol mit Begier das Wasser aus dem Alkohol, welches dieser aus der Luft etwa aufnimmt, an sich zieht. In dieses Gefäss tauchen zwei ineinander gesteckte Glascylinder C_1 und C_2. Beide sind an ihrem Ende durch eine Membran aus feinstem Briefpapiere, sogenanntem „Postverdruss", verschlossen. In den inneren Cylinder C_1 kommt ein Gemisch von 90 Vol.-Th. Wasser und 10 Vol.-Th. Spiritus, in den Cylinder C_2 ein solches von 50 Vol.-Th. Wasser und 50 Vol.-Th. Alkohol. Das zu härtende und gleichzeitig zu fixirende Object O bringt man in den Cylinder C_1: ist es so schwer, dass man ein Durchdrücken der feinen Papiermembran befürchten müsste, so hängt man es an einem Drahte oder Faden mit Hilfe eines über die obere Cylinderöffnung gelegten Stäbchens in den Cylinder ein. Nur sehr allmälig wird durch Endosmose (Dialyse) die Flüssigkeit im Cylinder C_1 sich mit Alkohol vermischen und somit aus immer wasserärmerem Spiritus (Alkohol) bestehen, bis schliesslich die Härtung auf schonendste Weise erzielt ist, da gleichzeitig eine Fixirung stattgefunden hat. Gewöhnlich dauert dieser Process 24 Stunden. Bei weniger zarten Objecten, z. B. Rückenmark, kann man den zweiten Cylinder C_2 weglassen, und dann vollzieht sich der Austausch schneller. Auch kann man den Austausch beschleunigen, wenn man im Gefässe G die Flüssigkeit höher stehen lässt als in den Cylindern (oder dem einen Cylinder), und hat es überhaupt in der Hand, die Entwässerungsgeschwindigkeit durch Differenzen in den Flüssigkeitssäulen nach Bedarf zu reguliren. Neuestens werden 4 bis 10%ige Formalinlösungen[1]) zum Härten und Fixiren benützt.

G

K

Fig. 142.

Für Objecte, welche arm an Proteïnsubstanzen sind — also für manche pflanzliche Objecte — eignet sich das kohlensaure Kali (25%ige Lösung in Wasser) am besten als Erhärtungsmittel.

Auf viele andere Härtungsmittel chemischer Wirkungsweise hier einzugehen verbietet deren Zahl und Specialität.

Ein Beispiel wird hier genügen: So wird eine 1%ige Sublimatlösung als specielles Erhärtungsmittel angewendet, wenn es sich darum handelt, thierische Capillargefässe sammt den in ihnen enthaltenen Blutkörperchen schnittfähig zu machen; für alle anderen Zwecke ist diese Härtungsflüssigkeit unbrauchbar, da alle anderen Gewebe in ihr zu stark schrumpfen und auch ihre Durchsichtigkeit selbst in sehr dünnen Schichten einbüssen. Auch die Messer werden vom Sublimat angegriffen.

Aber es gibt nicht nur Objecte, die zu weich sind, um geschnitten werden zu können, sondern auch solche, welche zu hart sind. Diese muss man je

---

*) Siehe Dr. Th. Kitt, Bakterienkunde und pathologische Mikroskopie, Wien 1899, Verlag von Moritz Perles, S. 65 u. f.

nach Umständen in Sodalösung oder Pottaschesolution, ja manche, wie z. B. sehr harte Hölzer, sogar in Lösungen von Aetzkali (Kaliumhydroxyd) digeriren, um sie weicher zu machen. Wie Dippel treffend bemerkt, wird man aber erst durch eigene Versuche über die Behandlungsweise ein Urtheil fällen können.

Sollen sehr harzreiche Hölzer geschnitten werden, digerirt man sie zuerst in starkem Alkohol und schneidet mit einem Rasirmesser nach Art desjenigen Fig. 132 *c* unter starker Befeuchtung mit Spiritus.

Sind sehr ungleich harte Objecte zu schneiden, wie manche verholzte Pflanzentheile, die einestheils noch ganz weich, anderntheils hart sind, so erfordert das Schneiden eine grosse Umsicht und Geschicklichkeit. Als Regel gilt dabei: Man schneide vom härteren Theile in den weicheren hinüber und lege, falls man nicht Veränderungen von stickstoffhaltigem Zelleninhalte oder Lösungen von charakteristischen Extractivstoffen zu befürchten hat, das Object auf 2 bis 3 Tage in 50%igen Alkohol, wodurch die härteren Theile etwas erweicht, die weichen dagegen bedeutend erhärtet und so die Ungleichheiten etwas ausgeglichen werden.

Sehr flache, weiche Gegenstände von einiger Ausdehnung, von deren Oberfläche Schnitte genommen werden sollen, kann man ohne Rasirmesser schneiden, indem man ein lancettförmiges Messer, und zwar je nach Umständen[1]) entweder ein gerades und in der Mitte auf einer Seite geripptes oder ein gegen die Fläche gebogenes nimmt. Das erstere zeigt Fig. 143, das letztere Fig. 144, und zwar *B* von der Fläche, *A* von der Seite aus gesehen. Angewendet wird es, indem man die mit Wasser befeuchtete Spitze flach unter die Oberfläche einsticht und dann parallel mit dieser fortschiebt. Der sich dadurch bildende oberflächliche Abschnitt kann dann mittelst einer Stickscheere vollständig abgelöst werden.

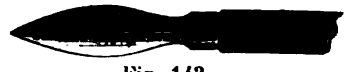


Fig. 143.

Fig. 144.

Sehr dünne oder platte und biegsame Objecte, z. B. zarte Pflanzenblätter, thierische Häute u. dergl., schneidet man am zweckmässigsten zwischen reinen Kork- oder Hollundermarkplättchen, die man in einem hölzernen Schraubstock oder Feilkloben unter sanftem Anziehen der Schraube einspannt. Hölzerne, an den Backen mit Kork belegte Feilkloben erhält man in jeder grösseren Werkzeughandlung. Bei länglichen Gegenständen, z. B. bei Caryophylli u. dergl., schneidet man einen grossen Korkstöpsel mitten entzwei und feilt mit einer runden Feile in die Korkhälften zwei auf einander passende Halbrinnen. In diese kommt der zu schneidende Körper. Haare, Moosblätter u. dergl. schneidet man, indem man sie in grösserer Zahl mit der oberwähnten Schleiden'schen Gummilösung zu einem Bündel vereinigt und dann zwischen den zwei Korkstöpselhälften antrocknen lässt. Hierauf werden die Schnitte, wie oben, in warmem destillirten Wasser vom Gummi befreit. Ebenso kann man Samen u. dergl. schneiden, nur nimmt man statt des gegenüber dem Samen zu weichen Korkes entsprechend geformte Stücke von Pappel- oder Lindenholz. Ganz winzige Körperchen, wie Stärkemehl, Sporen u. dergl., lassen sich auch zerschneiden, wenn man sie in eine Lösung aus 20 *gr* Gummi arab., 20 *gr* Aqu. dest. und 0·75 *gr* Glycerin einrührt und eintrocknen lässt. Dann überzieht man (nach Schacht) mit dieser Lösung nach und nach, indem man schichtweise eintrocknen lässt und wieder aufträgt, ein Hollundermarkstängelchen und nimmt von der Oberfläche

[1]) Bei gerader Oberfläche das gerade, bei gekrümmter das gebogene.

falle kann man aber mit einem Messer nachhelfen. Da das Paraffin, wie oben erwähnt, durchscheinend ist, kann man sich, wenn man das gegossene, das Object enthaltende Paraffinprisma gegen das Licht hält, leicht über die Lage des ersteren im letzteren orientiren. Hat man sich orientirt, so schneidet man mit einem scharfen Federmesser von dem Paraffinprisma, an dessen einen kleineren Fläche das Präparat liegt, wie Fig. 146 versinnbildlicht (*A B C D E F G H* ist das Prisma aus Paraffin, an der Seite *C D G H* liegt bei *Ob* das Object eingebettet), so viel weg, dass eine Pyramide mit abgestumpfter Spitze entsteht, wie Fig. 147 zeigt. *A B C* sind die vom ursprünglichen Prisma übriggebliebenen Ecken, *Ob* ist wieder das Object. Die Pyramide stutzt man so weit ab, dass das Object schon durchschimmert, dann ebnet man die Schnittfläche mit einem Rasirmesser und schneidet unter Befeuchtung des Messers mit dem Messer Fig. 132 *b* weiter. Die Befeuchtung geschieht am besten mit Terpentinöl, da die Schnitte dann ohnedies in eine Schale mit Terpentingeist kommen, um sie vom Paraffin frei zu machen. Solche zur Aufnahme von Schnitten bestimmte Schalen und Dosen mit Glasdeckel sind in diversen Grössen bei Siebert u. a. m. Handlungen für den pharmaceutischen Bedarf zu haben, ebenso beim Glasermeister Tichy in der Alserstrasse. Fig. 148 stellt eine solche staubdicht verschliessbare Glasdose, wie man sie bei Siebert erhält, vor. Grössere derlei Dosen können auch mit Vortheil zur Aufnahme von Härtungsflüssigkeiten dienen, in welchen dann die zu härtenden

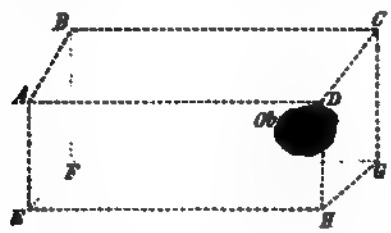


Fig. 146. Fig. 147.

Fig. 148.

Objecte vor Staub geschützt bleiben. Schutz vor Verunreinigung ist jedoch eine wichtige Bedingung jeder exacten mikroskopischen Präparation!

Die eben betrachtete Paraffineinbettung hat aber nicht nur ihre Lichtseiten, sondern auch Schattenseiten. Diese sind: Ungleichmässige Härte je nach der Zimmertemperatur: das Paraffin ist im Sommer an heissen Tagen gar zu weich, im Winter zu hart, ferner dessen Tendenz zum Bröseln, welche viel Unsauberkeit verursacht. Diesen beiden Uebelständen hilft man ab durch Mischungen aus geschmolzenem Wachs und Oel oder Wachs, Stearin und Oel. Man nimmt feinstes, raffinirtes Bienenwachs und reines Olivenöl. Je mehr Oel, desto weicher wird das Präparat sein müssen, um der Härte des Einbettungsmittels adaquat zu sein, was ja der Fall sein soll, wenn die Schnitte sicher durch Einbettungsmittel und Präparat dringen sollen.

Auch leuchtet ein, dass man im Sommer mehr Wachs, im Winter mehr Oel nehmen wird, um eine brauchbare Masse zu erhalten. Eine treffliche Einbettungsmasse erhält man übrigens bei Siebert, welcher auch zwei Sorten Paraffin führt, eine Sorte, die bei 42 bis 43° Celsius flüssig zu werden beginnt (weichere Sorte, für weichere Objecte und im Winter anzuwenden), und eine härtere, erst bei 55 bis 57° Celsius sich verflüssigende Sorte (für härtere Objecte, resp. im Sommer anzuwenden).[1]

[illegible] härteren Paraffin damit die angefertigten Schnitte nicht so eine [illegible] Neigung, sich aufzurollen, zeigen, etwa $^1/_3$ Volumtheil [illegible] Dieses ist eine wachsartige gelbe Masse, welche man erhält,

Dass die Schnitte in einer Schale mit warmem destillirten Wasser aufgefangen und dadurch vom anhaftenden Gummi befreit werden müssen, versteht sich von selbst. Geschnitten wird unter Befeuchtung des Rasirmessers mit Wasser.

Neuerer Zeit wendet man statt des theueren Mucilago gummi arabic. Glycerinleimgemische (Glyceringelatine), welche auch den Vortheil der Transparenz haben, an, und man kann in diesen sowohl gut abgetrocknete und in Leimwasser eingeweichte Alkohol- als auch in wässerigen Lösungen gehärtete Präparate einbetten, was ein grosser Vortheil ist.

Auch lässt sich Leim, namentlich Glyceringelatine, besser schneiden, während Gummi in dicken Schichten die Rasirmesser auf eine harte Probe stellt.

Nach Klebs bereitet man die (übrigens bei Siebert fertig erhältliche) Glyceringelatine, die wir, wie wir später sehen werden, auch bei Anfertigung von Dauerpräparaten als Einschlussmittel brauchen, folgendermassen:

100 *gr* feinste, gut abgewaschene Gelatine lässt man in Aqu. destill. aufquellen, giesst das Wasser ab, so dass nur an der gequollenen Gelatine noch Wasser anhängt, und gibt unter gelindem Erwärmen im Wasserbade 100 *gr* Glycerin hinzu, welches man vorher durch Zusatz einiger Tropfen Phenol zu einem Antisepticum gemacht hat, um den Leim am Schimmeln zu verhindern.

Diese Masse erstarrt bei Zimmertemperatur zu einer weichen Gallerte und wäre so nicht schnittfähig. Deshalb giesst man (Fig. 149) in einen Porzellan- oder Steinguttopf entsprechender Grösse Alkohol von 95% und bringt die durch Erwärmen verflüssigte Glyceringelatine in einer Papierdüte bis unter das Niveau des Alkohols *a*. Die Leimmasse hat dann ihr Niveau in *n*. Man legt vorher das Object in die noch heisse Lösung ein, und damit es die richtige Lage erhalte, zieht man mit einer Nadel den Faden *f* durch das Object *ob*, so dass das letztere an dem Knoten *kn* hängen bleibt. Den Faden wickelt man bei *u* um ein Stäbchen *st* und legt dieses über den Rand des Topfes *T*. Geschnitten wird mit Wasser.

Fig. 149.

Die in der Fig. 149 versinnlichte Veranstaltung ist natürlich auch für die kurz vorher beschriebene Gummieinbettung zu verwenden.

Aber auch die Glycerinleimeinbettung leidet an dem Uebelstande, dass die Masse beim Erstarren im Alkohol stark schrumpft.

Deshalb hat man eine indifferentere Masse aus 15 Theilen Hühnereiweiss und 1 Theil einer 10%igen Lösung von kohlensaurem Natron in Wasser, welche man mit der zugehörigen Dottermasse schüttelt und dann in ein Papierkästchen bringt, ersonnen. In dieses kommt das Object, welches sowohl in alkoholischen als wässerigen Härtungsflüssigkeiten gehärtet sein kann. Das Ganze stellt man in eine mit 80%igem Alkohol gefüllte, auf einem Wasserbade stehende Schale. Bei Erwärmung des Alkohols auf 75° tritt in ner halben Stunde die Erstarrung der Masse ein, doch ist die Masse noch cht schnittfähig, sie muss noch nach Abziehen des Papierkästchens Stunden in 90%igem Alkohol liegen, bis sie schnittfähig wird. Geschnitten ird mit Wasser, und man kann in dieser Masse sehr zarte Schnitte erhalten. Das Loslösen der Masse von dem Schnitte muss hier mittelst eines Pinsels, der mit Wasser befeuchtet ist, geschehen. Eine ähnliche Masse aus Hühnereiweiss und Talg, die Bunge angab, findet man bei Frey, „Das Mikroskop", angeführt. Diese Eiweissmassen sind aber alle undurchsichtig, was ein grosser

Fig 162.

Fig. 163.

von einem ganz reinen[1]) Knochen oder einen ganzen Zahn in verdünnte Salzsäure (100 Volum Wasser, zu welchem 5 Volumina „rauchender" Salzsäure, wie solche im Handel vorkommt, zugesetzt wurde) und lässt es einige Tage darin, bis es sich ganz weich anfühlt. Hierauf bringt man das Knochenstück oder den Zahn in gewöhnliches Wasser, welches beständig gewechselt wird, bis ein Tropfen Phenophtaleïnlösung (in Wien durch Rud. Siebert zu beziehen) sich nicht mehr verfärbt, wenn man ihn zu dem ablaufenden Wasser gibt, in welchem das Knochenstück oder der Zahn gelegen ist, oder bis ein längere Zeit in das Wasser gehaltenes Stückchen blaues Lackmuspapier nicht roth wird. Dann wird das Knochenstück oder der Zahn zwischen Hollundermarkstücken geschnitten, es leistet dann dem Messer kaum grösseren Widerstand als das Mark, vorausgesetzt, dass man die Entkalkung nicht zu früh unterbrochen hat. Handelt es sich um sehr zarte Objecte, die entkalkt werden sollen, z. B. solche, bei denen eine Kalkablagerung im Zellinnern stattgefunden hat, so bedient man sich zur Entkalkung 1%iger Chromsäure, in der die Objecte 3 bis 4 Wochen verbleiben. Auch Salpetersäure (5 Gewichtspercente) und concentrirte Essigsäure hat man angewendet, um Gewebe zu entkalken. Hier geht wohl in jedem Falle „Probiren vor Studiren".

Es kann besonders bei botanischen Objecten der Fall sein, dass Kieselsäure-Ausscheidungen in Pflanzen vorkommen, welche man in feine Schnitte zerlegen will und bei denen diese Ausscheidungen das Messer verderben würden. Equisetum hiemale besitzt z. B. einen Kieselreichthum von 97·52%! Wenn es also nicht etwa darauf ankommt, die Kieselkörper selbst zu zeigen, wird man zur Schonung des Messers und Erhaltung feiner Schnitte die Objecte entkieseln. Man bringt zu diesem Behufe nach Strassburger das Material, respective ein entsprechendes Stückchen desselben in einen Bleitiegel (oder auch Platintiegel, der aber theuerer ist), übergiesst die Objecte mit Alkohol und setzt nach und nach tropfenweise wässerige Fluorwasserstoffsäure zu.

Bei Objecten, die Alkoholbehandlung wegen Schonung von in Alkohol löslichen Einschlüssen nicht vertragen würden, muss man die Objecte in Wasser, dem einige Tropfen Fluorwasserstoffsäure zugesetzt worden sind, stehen lassen, am besten an einem warmen Orte durch circa 24 Stunden. Die Flussäure löst die Kieselsäure auf. Vor der weiteren Verarbeitung wird das Material gut entwässert, sonst würde die Fluorwasserstoffsäure die Gläser, mit denen die Objecte in Berührung kommen, angreifen. Fluorwasserstoffsäure ist durch alle grösseren Chemikalienhandlungen zu beziehen und muss von Eisen-, Messing- und Glasgegenständen, insbesondere dem Mikroskope, ferngehalten werden, da schon ihre Dämpfe das Glas und die meisten Metalle heftig ätzen.

Will man umgekehrt die Kieselsäure für sich mikroskopisch darstellen, so kann dies geschehen, indem man die organische Substanz zerstört. Dies kann durch Feuer (Einäschern, Glühen) oder durch Maceration, oder durch Combination beider Methoden erzielt werden. Glüht man z. B. Schlamm auf einem Platinbleche oder einem Glimmerplättchen in einer Spiritusflamme gut aus, bringt die Asche in destillirtes Wasser, welches in einem hohen Glase (Decantircylinder) eingefüllt ist, so sinken die unverbrennlichen Bestandtheile zu Boden und können auf einem Objectträger untersucht werden. Auch Grashalme oder Schnitte von kieselreichen Pflanzen, z. B. Equisetum arvense, lassen sich derartig behandeln und ergeben schöne Kieselskelette.

[1]) Am reinsten wird der Knochen, wenn man ihn etwa drei Monate im Wasser liegen gelassen und das Wasser oft gewechselt hat.

Zusammensetzung aus winzigen Kalkgehäusen mikroskopisch kleiner Lebewesen, kurz, die Methode des Dünnschleifens hat gewiss keine geringere Wichtigkeit für die Durchforschung des Aufbaues organisirter und nichtorganisirter Naturkörper, als irgend eine andere. Dabei lässt sie sich mit verhältnissmässig primitiven Behelfen ausführen, erfordert aber, wie überhaupt jede subtilere Arbeit des Mikroskopikers, viel Geduld; wer letztere Eigenschaft nicht besitzt, wird niemals brauchbare Dünnschliffe fertig bringen.

Die Art und Weise, wie man die Schliffmethode prakticirt, kann eine sehr verschiedene sein, so verschieden, als die Schleifmaterialien und sonstigen Behelfe sind, die zur Verfügung stehen. Der eine Präparator schleift auf einer Glasplatte mit Zinnasche oder der flachen Seite eines gewöhnlichen Sandstein-Schleifsteines, der andere auf einer rotirenden Schmirgel- oder Carborundumscheibe. Der eine polirt auf Rehleder und Trippel, der andere auf Schafleder, welches mit Engelroth bestrichen ist. Der Institutsdiener einer wissenschaftlichen Anstalt, welche ein mit allen Behelfen ausgestattetes Laboratorium besitzt, wird die Zerlegung des zu schleifenden Materials mittelst Circularsäge, wie z. B. Fromme in Wien eine solche für mikroskopische Arbeiten fertigt, oder falls es zu hart ist, um mit der Säge geschnitten zu werden, mit Hilfe einer kleinen Steinschneidemaschine oder auf einer Drehbank mittelst einer schnell rotirenden, mit bester Korundschmirgel- oder Carborundum-Oelpaste bestrichenen Kupferscheibe vornehmen, während der für sich allein arbeitende, nur ab und zu Dünnschliffe fertigende Privatgelehrte mit einer Laubsäge, beziehungsweise Hammer und Meissel sein Auslangen finden oder an weichere Materialien, z. B. Salmiakkrystalle u. dergl., mit Messer und Feile herantreten wird.

In diesem Leitfaden wollen wir die einfachste Art der Anfertigung von Dünnschliffen behandeln.

Zunächst muss das zu schleifende Material bezüglich seiner Härte, Durchsichtigkeit und Porosität in's Auge gefasst werden.

Sehr harte Körper bedürfen auch härteres Schleifzeug, auch können sie nicht in Stücken von grösserer Ausdehnung behandelt werden, falls man nicht sehr viel Zeit zur Ausarbeitung hat, weil bei sehr harten Substanzen, z. B. bei kieselhaltigen Mineralien, das Schleifen und Poliren umso langsamer vor sich geht, je grösser das zu bearbeitende Stück ist. Von sehr durchsichtigen Objecten werden auch nicht gar zu dünne (z. B. 0·5 *mm* dicke) Präparate schon befriedigende Bilder geben, während sehr wenig durchsichtige Gegenstände (z. B. Steinkohle) erst bei einer Maximaldicke von etwa 0·2 *mm* ihre Structur in dem durchfallenden Lichte wahrzunehmen erlauben. Sehr poröse Objecte, welche dabei wenig Festigkeit besitzen, wie z. B. Kreide, lassen sich überhaupt erst bearbeiten, nachdem man ihnen mehr Consistenz verliehen hat, was durch Ausfüllung ihrer Poren mit durchsichtigen, erhärtenden Stoffen geschieht. Will man also z. B. aus Kreide einen Dünnschliff fertigen, so legt man ein circa 1 *ccm* grosses Stück in Terpentingeist, worin es 2 bis 3 Tage bleibt, bis es sich ganz angesogen hat. Hierauf wird es auf ebenso lange in Canadabalsam von Honigdicke eingelegt, sodann an der Luft getrocknet, bis es Hornconsistenz angenommen hat, und nun mit Hilfe einer Laubsäge in 2 *mm* dünne Lamellen zersägt. Das gelingt wohl nicht leicht, so lange man ungeübt ist, aber auch hier führt Geduld selbst den Ungeübten zum Ziele. Eine solche Lamelle kittet man mit sehr dickflüssigem, in Chloroform gelöstem Canadabalsam unter Zuhilfenahme einer winzigen, das nachherige Festwerden erleichternden Spiritusflamme auf einem Objectträger oder der Hälfte eines Objectträgers fest, und erst wenn die Lamelle ganz fest hält, schreitet man zum Schleifen. Für so weiche Objecte, wie z. B. Kreide, reicht als Schleifstein ein gewöhnlicher Sandstein aus, auf welchem man, den

einer Laubsäge ab. Hierauf klebt man mit Mastix oder auch mit weissem Schellack, im Nothfalle mit gewöhnlichem Siegellack unter Zuhilfenahme der Spirituslampe, die Lamelle auf einem grossen Korkstöpsel fest und feilt mit einer mittelfeinen Raspel (Feile), welche stets mit Wasser befeuchtet werden muss, zuerst die eine Seite ganz eben, kittet sie dann los und die andere Seite auf und feilt auch diese ganz plan, worauf man mit absolutem Alkohol jede Spur des Harzes entfernt und trocknen lässt. Hierauf setzt man das Schleifen auf einem Arkansassteine ohne Aufkitten fort, indem man mit einem Korkstöpsel das Knochenblättchen an die horizontal liegende Fläche des Steines andrückt und kreisförmige oder achterartige Bewegungen damit vollführt, bis es unter dem Mikroskope bei 400maliger Vergrösserung die Havers'schen Canälchen angedeutet zeigt, was dann der Fall ist, wenn es genügend dünn und durchsichtig ist. Hierauf polirt man beide Seiten auf einem mit Schlemmkreide bestreuten Rehleder, welches auf einem Brettchen ausgespannt ist, unter beständiger Controle unter dem Mikroskope, bis alle Kratzer verschwunden sind.

Ist die nöthige Glätte erreicht, badet man den Dünnschliff in stärkstem Alkohol. Man bringt ihn dann auf einen reinen Objectträger, indem man denselben aus dem Bade mit Hilfe einer Präparirnadel oder eines Pinsels auf die Oberfläche des Glases hinaufschiebt*) (ein Handgriff, den wir übrigens oft bei Uebertragung von flächenhaften Objecten auf den Objectträger anzuwenden haben werden), lässt ihn an der Luft, eventuell unter Zuhilfenahme eines aufgelegten Stückchens Filtrirpapiers trocknen, umrahmt ihn mit einem 2 *mm* breiten Rahmen aus mittelst eines erhitzten flachgehämmerten Drahtes aufgetragenem dicken Canadabalsam, entsprechend der Grösse des Deckgläschens, und legt das letztere auf den Rahmen unter sehr leichtem Drucke auf. Hierauf lässt man das Ganze trocknen. Der Dünnschliff darf vom Canadabalsam nicht berührt werden, doch muss er nach dem Trocknen zwischen Objectträger und Deckgläschen unbeweglich festgehalten werden. Am besten ist es, wenn man das Präparat mindestens eine Woche lang ruhig liegen lässt. Ueber oder unter dem Deckglasrande hervorgetretenen Canadabalsam kratzt man dann mit einem Messerchen weg und beseitigt den hauchartigen Rest mittelst eines mit Chloroform getränkten Leinwandbäuschchens. Wie ein solches Präparat aussieht, zeigt Fig. 178. *O* ist der Objectträger, *d* das Deckglas, *K* der Knochendünnschliff und *c* der Rahmen von Canadabalsam.

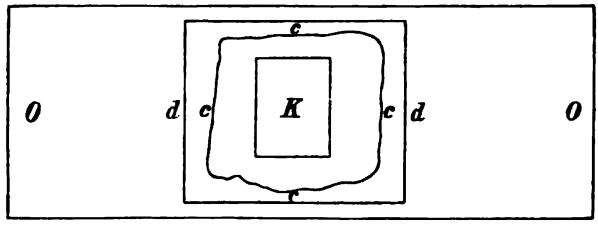


Fig. 178.

Mineralschliffe dagegen bringt man nicht mit Hilfe eines Rahmens, sondern eines ganzen, den Schliff einschliessenden Tropfens von Canadabalsam zwischen Objectträger und Deckglas. Die Reinigung geschieht, wie vorhin angegeben wurde. Bei Objecten, die in Canadabalsam eingebettet

*) Prof. Kitt, der berühmte Mikroskopiker an der Münchner königl. thierärztlichen Hochschule, Verfasser des Werkes: „Bakterienkunde und pathologische Mikroskopie", 3. Aufl., Wien 1899, Verlag von Moriz Perles, räth an, zum Uebertragen aus Flüssigkeiten sich Präparirnadeln aus in Stiele eingelassenen Insectennadeln, die viel weicher sind als Nähnadeln, zu verfertigen. Wie die Uebertrazung mittelst Pinsels oder einer „Insectennadel" geschieht, zeigt die dem citirten Werke Prof. Kitt's entnommene Fig. 179 auf folgender Seite.

1. wasserlösliche;
2. alkohollösliche;
3. sowohl in Wasser als in Alkohol lösliche.

Die dritte Gruppe ist am zahlreichsten vertreten. Bei unseren Arbeiten werden wir meistens die zur Lösung nöthige Flüssigkeit und deren Menge kennen müssen.

Die meisten Tinctionsmaterialien, sowie auch fertige Lösungen sind bei Rudolf Siebert in Wien, Dr. Grübler in Leipzig u. a. m. in trefflicher Qualität zu haben, insbesondere die Anilinfarbstoffe; doch sind letztere mitunter in genügender Reinheit auch in besseren Material- und Farbwaarengeschäften der Provinz erhältlich.

Alle gebräuchlichen Anilinfärbemethoden hier aufzuzählen, wäre dem Zwecke dieses Leitfadens nicht entsprechend; die bewährtesten unter den neueren Methoden sollen jedoch vollständig beschrieben werden. In der allgemeinen Einleitung über die Tinctionsmethoden haben wir des Principes der maximalen Entfärbung Erwähnung gethan, welches gestattet, blos Zellkerne und kleine, in Geweben zerstreute Körperchen durch intensive Färbung in ungefärbter Umgebung hervortreten zu lassen (namentlich wenn man sich eines Condensors oder Abbé'schen Beleuchtungsapparates mit weiten Blenden bedient); hier weisen wir darauf hin, dass dieses allerdings auch bei anderen Farbstoffen (z. B. Carmin) durchgeführte Princip seine schönsten Erfolge in Anwendung auf Anilinfarbstoffe erzielt hat.

Es gibt aber auch Anilinfarbstoffe, welche zu einer solchen Färbung nicht verwendbar sind; sie färben nämlich nicht blos die Kerne, sondern auch die protoplasmatischen Substanzen so intensiv, dass sie sich nachher weder durch Säuren noch durch Lösungsmittel ohne Gefährdung des ganzen Präparates entfernen lassen. Wir sehen also, dass sich die Anilinfarbstoffe in zwei weitere Gruppen theilen lassen:

1. kernfärbende, „specifisch" färbende,
2. solche, welche das ganze Zellgerüste mitfärben („diffus" färbende).

Die sub 1. genannten verhalten sich zu Säuren ähnlich wie die Basen: sie bilden mit ihnen neue, neutrale und meist leichter lösliche Verbindungen, welche Eigenschaft eben zur Entfernung aus dem Protoplasma oder aus dem gesammten Gewebe benützt wird, während die Zellkerne oder Bakterien den Farbstoff zähe festhalten und daher gefärbt bleiben, wenn man nicht zu starke Säuren oder zu langes Verbleiben in Lösungsmitteln auf die gefärbten Objecte einwirken lässt.

Wegen dieses den Basen ähnlichen Verhaltens der kernfärbenden Theer-
ben nennt man dieselben auch basische: die häufigst angewendeten und
hrtesten sind: Fuchsin, Gentianviolett, Methylviolett, Methylen-
, Dahlia, Magdalaroth, Malachitgrün, Methylgrün, Vesuvin und
e mehr. Von der Gruppe 2 werden am häufigsten verwendet: Pikrin-
, Eosin, Nigrosin und Anilinblau; letzteres muss sich leicht in
er lösen.

le diese Lösungen färben sowohl die Kernsubstanzen, als auch das
ma; doch färben sie manche Substanzen, zu denen sie eine grössere
chaft zu haben scheinen, dauerhafter, das heisst nach möglichstem
bleiben diese Substanzen, wenn es auch nicht gerade Zellkerne
nsiver gefärbt.

wollen hier vor Allem die kernfärbenden Anilintinctionen be-

Fuchsin, Gentianviolett, Methylviolett, Methylenblau, Vesuvin oder Bismarckbraun.[1])

Sie lösen sich sowohl in Wasser, als auch in Alkohol. Am besten hält man eine Lösung von 1 *gr* in 100 *gr* 50%igem Alkohol vorräthig, welche man von Zeit zu Zeit filtrirt oder bei Anwendung durch einen kleinen Filtrirtrichter direct in das zur Färbung bestimmte Uhrglas, Porzellanschälchen oder in die Glasdose hineintropft, in welches man vorher das zehnfache Volumen Wasser gegeben hat.[2])

Safranin (hochroth).

Alcohol. absolut.	
Aqu. dest. āā	50·00
Safranin	0·03

Nach tagelangem Stehenlassen filtrirt man.

Corallin (hellroth).

Man löst in 100 *ccm* Wasser 25 *gr* kohlensaures Natron auf und trägt in diese Lösung 1 *gr* Corallin ein. Nach halbtägigem Stehenlassen filtrirt man.

Essigsaures Methylgrün (Strassburger).

Acid. acet. glacial.	1·00
Aq. dest.	100·00
Methylgrün	2·00

Auch die letztangeführten Lösungen gelangen nicht immer concentrirt zur Anwendung; bei Studien von Zellkernen in sehr zarten Geweben wird man gut thun, sie bis auf das Zehnfache ihres Volumens mit Wasser zu verdünnen. Bei Untersuchungen von leicht quellenden Substanzen, z. B. Mehl auf Mutterkorn, wird man den Lösungen mit Vortheil Glycerin zusetzen. So empfiehlt Dr. Hermann Hager als sogenanntes Fluid-Fuchsin: 4 Theile einer Lösung von 1 *gr* Fuchsin in 100 Alcoh. abs. mit 50 Theilen Glycerin, welches 40% Wasser enthält; als sogenanntes Dilut-Fuchsin eine Mischung aus 30 Theilen des erwähnten Fluid-Fuchsins mit 50 Theilen reinem Glycerin und 20 Theilen Wasser — zu verschiedenen Untersuchungen.

Alle diese Färbelösungen haben im Allgemeinen ähnliche Eigenschaften: sie färben die in sie eingelegten Objecte nach wenigen Minuten äusserst intensiv. Wäscht man den aus der Färbelösung herausgehobenen Gegenstand in Wasser nur sehr oberflächlich aus und betrachtet ihn sofort im Wassertropfen unter dem Mikroskope, so findet man eine fast vollständig diffuse, gleichartige Färbung: benützt man dagegen zum Waschen eine Mischung von 5 Alkohol (von 96%) mit 100 Wasser, so wird man sehen, wie intensiv sich die Waschflüssigkeit färbt: jede Bewegung mit der Hand löst vom Objecte ganze Wolken von Farbstoff ab. Hört diese Farbeabgabe auf, so ist die Entfärbung beendet, und wenn man nun das Object unter dem Mikroskope etwa nach Hinwegnahme aller Blenden oder bei Benützung eines mit weiter Blende versehenen Condensors oder

---

[1]) Vesuvin (Bismarckbraun) steht den diffus färbenden Färbemitteln am nächsten. Es färbt Bakterien nur schlecht, dagegen sehr gut Hefezellen u. dergl. Immerhin wird es zu den kernfärbenden Farbstoffen gezählt.

[2]) Man tropft z. B. in die Glasdose 50 Tropfen Wasser und 5 Tropfen alkoholischer Gentianaviolett- oder Fuchsinlösung. In die Glasdose kommt dann das zu färbende Object, z. B. ein Schnitt. Schnitte bedürfen zur Durchfärbung 15 Minuten bis zu 12 Stunden. Manche Organe färbt man „in toto" oder in Stücken vor dem Schneiden, in welchem Falle natürlich viele Stunden, bis Tage, zur Durchfärbung nothwendig sind. Der Praktiker wird indessen besser thun, stets blos gelungene Schnitte zu färben.

Abbé'schen Beleuchtungsapparates betrachtet, so wird man sehen, dass in dem Objecte blos die Zellkerne gefärbt, die protoplasmatische Substanz aber ungefärbt oder doch sehr blass erscheint. Etwa im Präparate vorhandene Pilze, also z. B. Schimmelfäden (Mycelien), Mutterkornpartikelchen im Mehle u. dergl., erscheinen ebenfalls intensiv gefärbt, ebenso die Bakterien. Ueber die besonders ausgebildete Färbetechnik der letzteren, bei welcher man trachtet, nur die Bakterien zu färben, also auch die Zellkerne maximal zu entfärben, mitunter, um sie anders färben zu können, wird unten ausführlicher gesprochen werden. Hier haben wir es zunächst mit der blossen Thatsache der Kernfärbung zu thun. Wozu nützt diese, wenn wir von der rein akademischen Anwendung zur Erleichterung des Verständnisses des histologischen Aufbaues der untersuchten Objecte absehen? Weshalb muss der Praktiker sich mit Färbemethoden befassen? Die Antwort auf diese Frage lautet: Die Färbung kann eine diagnostische Bedeutung haben! Weigert hat entdeckt, dass bei vielen kranken Geweben, welche er nach Färbung untersuchte, die Zellkerne ungefärbt erschienen, obgleich dieselbe Färbeflüssigkeit in gesunden Geweben die Zellkerne deutlich hervortreten liess. Alsbald sah er, dass in jenen kranken Geweben die Mehrzahl der Zellen kernlos war; da die Zellen keinen Kern hatten, konnte sich der Kern nicht färben; da bei normal (das heisst also nicht mit Säuren) angesetzten Färbelösungen gesunde Gewebe keine oder wenig „kernlose Zellen" zeigten, so schloss Weigert daraus, dass die Kernlosigkeit eine Folge der Erkrankung und daher auch ein wichtiges, mikroskopisch erkennbares Symptom, respective Kriterium derselben sei.

Man fand kernlose Zellen bei Niereninfarcten und bei Chromvergiftung in der Niere, bei Blattern in den tiefen Schichten der Epidermis, bei Diphtheritis in den infiltrirten Geweben etc. — Cohnheim, welcher der Sache weiter auf den Grund ging, fand alsbald, dass wegen mangelhafter Ernährung abgestorbene „nekrotische" Gewebe das Phänomen der kernlosen Zellen am häufigsten zeigten, dabei wies das Protoplasma dieser Zellen ein erhöhtes Lichtbrechungsvermögen auf, es war homogen und glänzend — wie ein Fetttropfen — der Zellkern schien mit dem Protoplasma in eine Substanz zusammengeflossen (sogenannte Coagulationsnekrose). Die mikroskopische Untersuchung kann hier also — vorsichtig, das heisst mit neutralen Färbe- und Waschflüssigkeiten ausgeführt — mancherlei Aufklärung zweifelhafter Fälle bewirken und hat also für den Praktiker ganz gewiss grosse Bedeutung. Allerdings bemerkt Dr. Karl Friedländer in Berlin warnend, dass nicht jede Zelle, deren Kern nicht nachzuweisen ist, gleich als nekrotisch angesehen werden dürfe, da sich namentlich Epithelzellkerne schwerer färben und bei Anwesenheit kleinster Säuremengen farblos bleiben können. Weiters macht Dr. Friedländer aufmerksam, dass, ehe der Kern vollständig schwindet, an seiner Stelle kleine, intensiv gefärbte Körnchen sich vorfinden, die man wohl als Zerfallsproducte des Kernes ansehen darf, die aber von Ungeübten oft fälschlich für Mikrococcen gehalten werden; sie unterscheiden sich aber von den Coccen durch ihre variable Grösse. Wir müssen derlei Beispiele anführen, weil sie das Verständniss der Wichtigkeit unseres mikroskopischen Faches für den Arzt, den Thierarzt und den Fleischbeschauer darthun und, insoferne diese drei Berufsclassen aus den eingangs dieser Arbeit erwähnten Gründen sich oft an den Apotheker um Durchführung mikroskopischer Arbeiten aus ihrem Gebiete wenden dürften, auch für den mikroskopirenden Pharmaceuten wissenswerth sind, also für weitere Kreise mikroskopirenden Praktiker Interesse haben.

Fortfahrend, weisen wir darauf hin, dass sich mit den gedachten kernfärbenden Theerfarbstoffen ausser dem Kern der Zellen auch andere im Protoplasma eingelagerte Körnchen färben, ja dass ausnahmsweise sich auch gewisse

differenziren, wobei also nur die einen Elemente stärker als die anderen gefärbt erscheinen, ist folgende: Die gut ausgekochten Schnitte werden in eine sehr stark verdünnte Tinctionsflüssigkeit gelegt, welche bis zum ersten Blasenwerfen erwärmt wurde. Darin nun lässt man die Schnitte so lange liegen, bis die Farbe der Flüssigkeit fast ganz verschwunden ist und die Schnitte dunkler gefärbt erscheinen als die Lösung, worauf sie ebenfalls in einer Drahtkugel unter Wasser gut ausgewaschen werden.“ — Für Doppelfärbungen gibt Dr. Vinassa folgende Methode an: „Es wird zuerst der Schnitt in jene Tinctionsflüssigkeit gelegt, welche das verdickte Zellgewebe färbt; hierauf muss das Präparat stark ausgewaschen werden und kommt erst dann in das etwas alkalische, auf 100° C. erwärmte Bad, in welchem sich die Farbe für das Parenchym befindet.“ — Die der Arbeit beigegebenen Tabellen enthalten nun eben eine Zusammenstellung der meisten Anilinfarbstoffe in ihrem Verhalten zu Pflanzengeweben, und dies ist der schätzenswertheste Theil der Arbeit Vinassa's. Wegen der Wichtigkeit für die pharmacognostische Mikroskopie können wir nicht umhin, als Beispiel einen Auszug aus den Tabellen des Dr. Vinassa zu geben.

Tabelle I gibt das Verhalten der auch ihrer Provenienz nach angeführten Farbstoffe zu Fixirmitteln im färbetechnischen Sinne zu Säuren, Alkalien, ferner die allgemeine „Farbe“ des Farbstoffes und dessen specifische Färbewirkung auf die Gewebe der Pflanzen.

Tabelle I.

Name	Nr.[1])	Provenienz	Fixirbar mittelst	Verhalten zu Säuren	Verhalten zu Alkalien	Farbe	Färbung des mikroskopischen Präparates
Safranin „T“	263	Badner Anilin- u. Sodafabrik	Tannin	Mit H Cl blauviolette Lösung	Mit Na O H braunrother Niederschlag	roth	Färbt Gefässe kirschroth, Parenchym braunroth
Vesuvin	25	detto	detto	Mit H Cl unverändert	Mit Na O H brauner Niederschlag	braun	Färbt die verdickten Zellwände schön braun
Deltapurpurin	Ohne	detto	substantiv	Mit H Cl braune Lösung	Mit Na O H braunrother Niederschlag	rothbraun	Färbt lockeres Zellgewebe schön rothbraun, nicht aber die verdickten Zellen
Methylenblau	256	detto	detto	Mit H Cl unverändert	Mit Na O H violetter Niederschlag	blau	Färbt verdickte Zellen blaugrün
Eosin	219	detto	mit Bleiacetat	Mit H Cl rother Niederschlag	Mit Na O H Farbe nicht verändert, es verschwindet die Fluorescenz	roth	Färbt Gefässe roth, leicht auswaschbar
Solidgrün in Krystallen	168	detto	subject.	Mit H Cl gelbe Färbung	Mit Na O H grünlicher Niederschlag	blaugrün	Färbt Gefässe und verdickte Zellen prachtvoll blaugrün

[1]) Um nicht die chemische Formel anführen zu müssen, gibt Dr. Vinassa blos die Nummer an, welche der betreffende Farbstoff in Schultz' und Julius' „Tabellarische Uebersicht der künstl. organ. Farbstoffe“ hat.

Name	Nr.	Provenienz	Fixirbar mittelst	Verhalten zu Säuren	Verhalten zu Alkalien	Farbe	Färbung des mikroskopischen Präparates
Benzopurpurin „B"	139	Badner Anilin-u. Sodafabrik	substantiv	Mit HCl brauner Niederschlag	Mit NaOH unverändert	braunroth	Färbt Parenchym schön braunroth. Gefässe etc. nicht
Brillantgelb	151	detto	detto	Mit HCl dunkelvioletter Niederschlag	Mit NaOH gelbrothe Färbung	gelb	Färbt dickwandige Zellen orangegelb
Azoviolett	148	detto	detto	Mit HCl blauvioletter Niederschlag	Mit NaOH fuchsinroth	violett	Färbt blos das Parenchym violett
Salpetersaures Chrysoidin in Krystallen	Ohne	detto	detto	Mit HCl orangefarben	Mit NaOH gelb	dunkelgelb	Färbt verdickte Zellen schön gelb
Erythrosin	223	detto	Bleiacetat	Mit HCl röthlicher Niederschlag	Mit NaOH unverändert	hellroth	Färbt alle Zellgewebe rothgelb

Die von Vinassa seiner Arbeit beigegebene Tabelle II gibt eine Uebersicht des chemischen Charakters des betreffenden Anilinfarbstoffes, dessen mikroskopisches Verhalten (wie in der letzten Rubrik der Tabelle I) und dessen für uns minder relevantes Verhalten bei technischer Anwendung, z. B. zur Seiden- und Baumwollfärbung. Im Folgenden eine Probe:

Tabelle II.

Farbstoff	Chemisch	Mikroskopisch	Technisch
Phloxin	Resorcinfarbe	Färbt verdickte Zellen roth (nicht haltbar)	Färbt Seide und Wolle ohne Beize. Baumwolle mit Bleiacetat
Deltapurpurin	Amidotetrazofarbe	Färbt parenchymatisches Gewebe schön roth	Färbt Baumwolle direct ohne Beize subjectiv
Benzopurpurin B	Amidotetrazofarbe	Färbt parenchymatisches Gewebe braunroth	Färbt Baumwolle roth im Seifenbade

Wir sehen hier also das technische und das mikroskopische Verhalten gewissermassen in eine Relation gebracht, es ist aber nicht unsere Sache, darauf näher einzugehen.

Will man nun nach Vinassa eine zweifache Färbung durchführen, so nimmt man zwei recht abstechende und in ihrem Verhalten zum Pflanzengewebe differenzirte Farben, z. B. Solidgrün und Deltapurpurin; die Gefässe etc. werden prachtvoll grün, das Parenchym roth tingirt. Bei zu färbenden Wurzelquerschnitten der Monokotyledones erzielt man eine sehr deutliche Differenzirung der Gewebselemente, die grüne Kernscheide hebt sich prachtvoll von dem rothen Grunde ab. Dr. Vinassa empfiehlt ferner die Combination von Chrysoidinen mit einem Purpurin. So erscheinen damit bei Strychnos nux vomica die äusseren Zellschichten vom Chrysoïdin bräunlichgelb, die inneren durch Purpurin roth oder durch Benzoazurin violett gefärbt. Bei Radix Peregiae erhielt Vinassa mit Methylenblau und Purpurin treffliche Bilder. Kartoffel- und überhaupt Schnitte von stärkemehlhältigen Knollen kocht man

Die Eintheilung in *a)* Stäbchenbakterien (Bacillen), *b)* Schraubenbakterien (Spirillen) und *c)* Kugelbakterien (Coccen) ist eine rein morphologische und rührt von Ferdinand Cohn her, welcher sie 1872 aufstellte, und die auch heute noch wegen ihrer Augenfälligkeit, namentlich für den Mikroskopiker, ihre Brauchbarkeit nicht verloren hat. Wir bilden in Fig. 183 diese drei charakteristischen Formen schematisch, so wie sie gefärbt bei offenem Condensor erscheinen, ab.

Diese drei Hauptformen erschöpfen jedoch keineswegs die Formen der Schizomyceten, vielmehr hat Dr. Cohn *a* noch eingetheilt in α) bacterium (kurzes Stäbchen) und β) bacillus im engeren Sinne (langes Stäbchen, mehr fadenartig), *b* in α) vibrio, das heisst die wellig gelockten Fäden, in β) spirillum, die kurzen, steifen Schrauben und γ) spirochaete, die langen biegsamen Spiralen: wir kennen also nach Cohn im Ganzen sechs Formen der Bakterien (synonym mit Schizomyceten): 1. Mikrococcus; 2. Bacterium; 3. Bacillus; 4. Vibrio; 5. Spirillum; 6. Spirochaete.

Zu den Mikrococcen ist zu bemerken, dass es sowohl kugelrunde, als ovale und elliptische Formen gibt. Damit ist aber die Zahl der Formen durchaus nicht erschöpft, da es z. B. bei der Form Bacillus dicke und dünne, geradgerichtete und gebogene gibt. Die Kommabacillen der Cholera sind eigentlich der Form Vibrio angehörig, da sie kurze, verhältnissmässig dicke, kommaartig gebogene Spaltpilze darstellen.

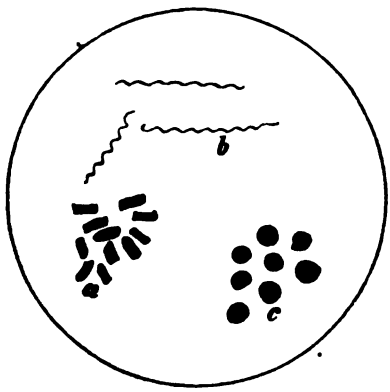


Fig. 183.

Was die Dimensionen der Bakterien anbelangt, sind selbe sehr verschieden. Die Dicke der Bakterien ist eine sehr variable: von Bruchtheilen eines tausendstel Millimeters (bekanntlich in der Mikroskopie kurz Mikron „μ“ genannt) bis zu 1·3 bis 1·5 μ, ja bei manchen fadenförmigen Bacillen (aus menschlichen Fäcalien z. B.) schwankt der Querschnittsdurchmesser sogar bis zu 2 und 3 μ. Derlei dicke Bacillen sind aber auch von sehr erheblicher Länge und überdies Ausnahmen. Meist ist die eintausendstel Millimeter nicht übersteigende Dicke für die Schizomyceten als solche charakteristisch und lässt sie leicht von Hefepilzen u. dergl. unterscheiden.

Wir haben bereits erwähnt, dass die Bakterien einzellige Organismen sind, das heisst den Werth einer einzelnen Zelle haben (ähnlich wie die meisten niedersten Organismen); man hat sich nun gefragt, was die Rolle des Kernes bei diesen Zellen spielt, und man hat durch neuere tinctionstechnische Untersuchungen bis zu einem hohen Grade der Wahrscheinlichkeit festgestellt, dass das Protoplasma derselben den Kern darstellt und eine Membran den Protoplasmakörper umkleidet, während bei den sonstigen protoplasmatischen Pflanzenzellen der Kern geradezu vom Protoplasma umgeben erscheint. Bekanntlich färben sich die Kerne der Pflanzenzellen mit genannten kernfärbenden Stoffen, z. B. Carmin und den oben behandelten rnfärbenden basischen Anilinfarben; davon ausgehend, dass diese kernenden Stoffe das Protoplasma der Bakterien ausnahmslos (wenn auch nter, wie z. B. bei den Tuberkelbacillen, erst nach Anwendung complicirterer en) färben und nach maximaler Entfärbung gefärbt lassen, hat man, wie oben gt, geschlossen, dass der Protoplasmakörper den Kern der Bakterienkörper t. Die erwähnte Membran bleibt ungefärbt und ist daher nur mit sehr ı Linsen zur Anschauung zu bringen; mit Immersionssystemen hat man

gefunden, dass die Membran nach aussenhin in eine schleimige, in Wasser quellbare Hülle übergeht. Liegen nun viele Bakterien aneinander in einer Flüssigkeit, so verschmelzen, respective verquellen diese schleimigen Hüllen mit einander zu einer Gallertmasse, in welcher die Bakterien in meist regelmässigen, durch die gedachten Gallerthüllen gegebenen Abständen eingelagert sind. Solche von Schleim umgebene, ruhende Bakterienmassen bezeichnet man mit dem Ausdrucke Palmella und diese Art des ruhenden Zustandes als Zoogleastadium. Die Membran selbst besteht in der dem Protoplasmaleibe anliegenden Schichte aus einer ziemlich festen und starren celluloseartigen Substanz, weshalb man von den Bakterien in Stäbchenform oft von „starren Stäbchen" reden hört und liest. Dies ist aber cum grano salis zu nehmen. Dr. Karl Günther in Berlin und viele andere Mikroskopiker, welche lebende eigenbewegliche Bakterien beobachteten, darunter auch der Verfasser dieses Leitfadens, konnten wahrnehmen, wie sich manche anscheinend starre Bakterien bei ihrem Ortswechsel durch enge Canäle durchdrängten, wobei ihr anscheinend starrer Leib nachgab, jedoch nach Passirung des engen Raumes wieder in die ursprüngliche Form zurückkehrte.

Die Schizomyceten vermehren sich *a*) durch Spaltung, *b*) durch Sporenbildung. Insoferne dadurch das Aussehen unter dem Mikroskope modificirt

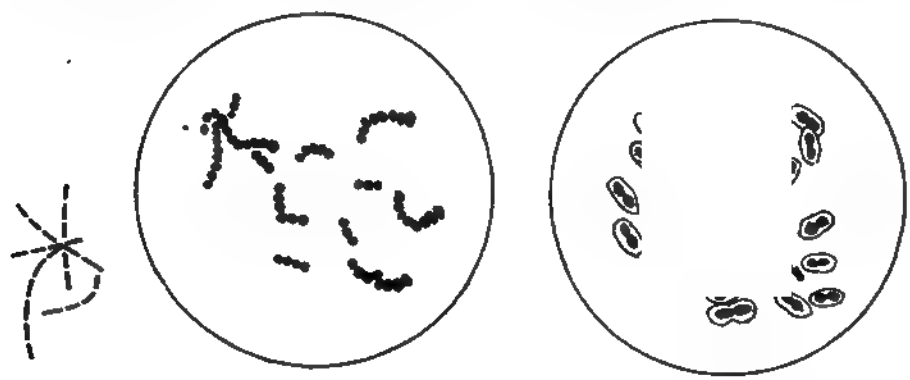


Fig. 184 Fig. 185. Fig. 186.

wird, müssen wir hier auf diese Vermehrungserscheinungen eingehen. Die sogenannte Spaltung ist meist keine Längstheilung, wie wenn man Holz spaltet, sondern eine Quertheilung durch Einschnürung eines in die Länge gewachsenen Individuums, wie man selbe auch bei niedersten thierischen Organismen findet. Ist die Einschnürung bis zur Trennung gediehen, so können die Individuen nebeneinander liegen bleiben und kettenartige Verbände bilden, wie sie Fig. 184, oder bei Mikrococcen perlschnurartige Gebilde, ähnlich Halsketten (στρεπτα), daher Streptococcen genannt, wie Fig. 185 schematisch zeigt.

Es gibt auch Mikrococcen, welche gewöhnlich zu zweien beisammen liegen, sogenannte Diplococcen. Fig. 186 zeigt uns in 1800facher Linearvergrösserung absichtlich mehr schematisch gezeichnet den von einer sehr deutlichen Gallerthülle, einer sogenannten „Kapsel" umgebenen Diplococcus pneumoniae Fraenkel. wegen der etwas lancettförmigen Gestalt der einzelnen Individuen auch Diplococcus lanceolatus benannt, welcher verdächtig ist, die infectiöse Lungenentzündung zu veranlassen, in zahlreichen Exemplaren, die einem lebenden Menschen, der an Pneumonie litt, dadurch entnommen wurden, dass man das mit der Lungenentzündung complicirte pleuritische Exsudat mittelst einer spitzigen Röhre („Troïcart") angestochen („punktirt") und entleert

oder die Temperatur, unter welcher die Bakterien am besten gedeihen (das sogenannte Temperaturoptimum) ungünstig verändert, so sterben die Bakterien entweder unter Aufblähung der Zellen, Bildung von Hohlräumen (Vacuolen), Verschwimmen und Zerfliessen der Zellhülle (Zellmembran) ab (Involutionserscheinungen), oder aber sie bilden vorher Dauersporen, welche viel widerstandsfähiger sind als die Mutterzelle und welche, in günstige Verhältnisse gebracht, zu einem sich durch Spaltung vermehrenden Spaltpilz auskeimen. Ist die Dauerspore gebildet, so zerfällt die Mutterbakterie. Am häufigsten kommt Sporenbildung bei den Bacillusformen vor, seltener bei den anderen (z. B. vereinzelt bei Spirillum). Je nach ihrer Stellung im Mutterleibe — wenn man so sagen darf — gibt es mittelständige und endständige Dauersporen. Bei letzterer Sporenbildung kommt es vor, dass die Spore grösser ist als der Durchmesser des Bacillus, und es ergibt sich daraus die eigenthümliche Trommelschlägelform.

Fig. 189 zeigt als Beispiel dafür den in Kehricht und Gartenerde vorkommenden Bacillus tetani in 1800maliger Vergrösserung. Man sieht, dass die Sporen dieses den fürchterlichen Wundstarrkrampf veranlassenden Schizomyceten endständig sind und gleich allen Sporen einen eigenthümlichen, öltropfenartigen Glanz besitzen. Auf die Details der Sporenbildung, sowie der Bakteriologie überhaupt einzugehen, fehlt hier der Raum, doch wird, einem modernen Bedürfnisse Rechnung tragend, im Verlaufe dieser Arbeit noch öfter die sich bietende Gelegenheit benützt werden, einzelne bakteriologische Manipulationen am gebotenen Orte zu besprechen, so z. B. bei der Behandlung der Beobachtung lebender Bakterien mit dem Mikroskope (Bakterioskopie), auch der Beschaffung und Züchtung lebenden Bakterienmaterials gedacht werden. Hier, wo es sich um eine Darstellung der Färbetechnik der Schizomyceten handelt, musste wenigstens das wichtigste Detail der morphologischen Verhältnisse dieser Lebewesen erörtert werden.

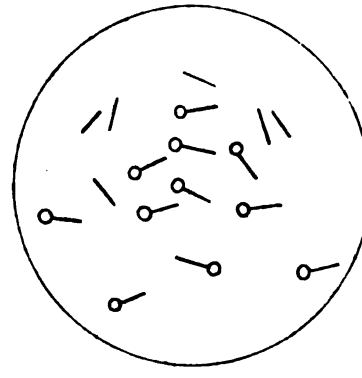


Fig. 189.

Das Deckglas-Trockenpräparat.

Die Bakterien sind, wie wir aus dem Vorigen entnehmen konnten, etwas Lebendes; zahlreiche von diesen pflanzlichen Organismen haben eine Bewegung, und wir werden bei Besprechung der Beobachtung lebender Objecte in diesem Leitfaden auch auf die Beobachtung beweglicher Bakterien zu sprechen kommen; hier haben wir es mit dem leichter zu beobachtenden todten Object zu thun, und wir müssen uns fragen, wie es uns gelingt, kleine Mengen Bakterien einzufangen, zu tödten und der durch die Färbung erleichterten, ja manchmal ganz und gar bedingten mikroskopischen Wahrnehmung zugänglich zu machen. Das Verfahren, welches hiezu der geniale Koch schon Ende der Siebziger-Jahre des vorigen Säculums angegeben hat, ist ein äusserst einfaches und leicht durchzuführendes und eignet sich für alle Untersuchungen auf das Vorkommen von Bakterien in Flüssigkeiten; da aber Wasser, Pflanzeninfuse und -Decocte, Eiter, Gewebssäfte, Speichel, Blut u. s. w., welche ja meist zur bakteriologischen Untersuchung in diagnostischer und hygienischer Beziehung vorzuliegen pflegen, Flüssigkeiten sind, anderntheils Staub, Erde, Sand etc. leicht mit Flüssigkeiten angerührt werden

oder einer Spirituslampe hindurchzieht. Dies soll nach Koch etwa mit derselben Geschwindigkeit geschehen, mit der man Brot schneidet. Diese Angabe ist aber etwas zu unbestimmt, da es Leute gibt, die schnell Brot schneiden, während andere dies gemächlich und langsam thun.

Johne, welcher bei Koch die sogenannten Choleracurse hörte, hat denn auch in seinem Buche „Ueber die Koch'schen Reinculturen und die Cholerabacillen", Leipzig 1885, Seite 19, die Schnelligkeit der Bewegung bei Anfertigung der Trockenpräparate dahin präcisirt, dass man dabei mit der Hand dreimal in einer zur Tischplatte, auf welcher der Bunsenbrenner oder die Spirituslampe steht, senkrechten Ebene einen Kreis von einem Fuss Durchmesser, zu dessen Zurücklegung die Hand genau eine Secunde braucht, beschreibt.

Eine zu starke Erhitzung würde die Färbbarkeit der angetrockneten Bakterien vernichten, eine zu geringe würde die Gefahr, dass bei der Färbung die bakterienhältige Schichte abgespült werden würde, nicht beseitigen.

Deshalb ziehen es pedantische und dabei nicht allzu geschickte Präparatoren vor, das lufttrockene Deckglas in einen Trockenschrank, dessen innere Luft 120° Celsius aufweist, auf circa zehn Minuten einzulegen. Wer aber als Praktiker zur Anfertigung eines in seiner Einfachheit die ganze Genialität Koch's offenbarenden Trockenpräparates erst einen Trockenschrank braucht,[1]) der lasse das Mikroskopiren lieber sein. Man erlangt nämlich bei einiger Dexterität (und wer solche nicht besitzt, ist zum Mikroskopiker nicht geboren) gar bald das nöthige Gefühl in der Hand, um einerseits nicht zu überhitzen, andererseits die sichere Fixirung zu erzielen.

Darauf aber ist zu sehen, dass die Bewegung des Armes jener Hand, welche das Deckglas durch die Flamme „zieht", wie der technische Ausdruck lautet, eine gleichmässige sei und namentlich in der Flammenatmosphäre keine, sei es auch nur secundenlange Unterbrechung erfahre, soll nicht das Gelingen des Präparates in Frage gestellt werden. Ist die Erhitzung vollendet, ist das Präparat zur Färbung bereit.

Diese erfolgt mit irgend einem der oben besprochenen kernfärbenden basischen Anilinfarbstoffe; am meisten in Gebrauch sind hiezu: Fuchsin, Gentianaviolett, Methylenblau und als Contrastfarbe Vesuvin (identisch mit Bismarckbraun). Diese Farbstoffe hält man sich für die Färbung der Trockenpräparate vorräthig, jedoch nicht in zum Gebrauche fertigem Zustande, da sie in wässeriger Lösung angewendet werden müssen und wässerige Lösungen leicht schimmeln oder körnige Niederschläge ausstossen. Am besten hält sich noch in wässeriger Lösung Methylenblau, dem man einige Tropfen Phenol, behufs Hinderung der Schimmelbildung, zusetzt. Die anderen Farbstoffe löst man in Alkohol und hält sie gut filtrirt vorräthig. Zum Gebrauche nimmt man dann auf 10 *ccm* Aqu. dest. je 1 *ccm* der betreffenden alkoholischen Vorrathslösung, muss sich also die gebrauchsfertige Lösung von Fall zu Fall bereiten (wie schon oben erwähnt wurde).

Man legt hierauf das nach der Erhitzung abgekühlte Deckglas mit der Pincette auf einen weissglasirten Porzellanteller oder ein Tuschschälchen u. dergl. so auf, dass die Bakterienschichte oben liegt, entnimmt mit einem Pipettchen einer der obigen Flüssigkeiten einen Tropfen und lässt ihn aus

[1]) In Laboratorien hat die Trocknung im Trockenschranke ihren guten Grund, wenn sehr viele Präparate zu machen sind. Dann wird natürlich diese Trocknung im Schranke, in welchem von passenden Deckglaspincetten, wie eine solche auf S. 185 d. B. abgebildet wurde, die mit der Spitze in Brettchen eingesteckt und mit den Brettchen in den Trockenschrank gebracht werden, gehalten, Dutzende von Deckgläsern oder in Kästchen, natürlich ohne Flüssigkeitsfüllung, eingelegte Objectträger Platz finden, den Vortheil der Schnelligkeit und Verlässlichkeit haben.

und schärfer ab. Die medicinischen Bakteriologen hängen alle an dem Grundsatze, dass man Farbenbilder der Bakterien stets mit offenem Condensor. ohne alle Blenden, beobachten müsse, aber dies ist, wie W. Behrens mit Recht in seinem „Leitfaden der Mikroskopie“ erklärt, „ein grober Unfug“. Bei Anwendung sehr starker Objective mit sehr hoher Apertur, z. B. von 1·30, wird allerdings auch bei ganz offenem Condensor ein deutliches Farbenbild entstehen, doch stehen dem Praktiker nicht immer so exquisite Objective zur Verfügung. Hat das Objectiv eine geringere Apertur als der meist 1·20, ja 1·30 und mehr Apertur ergebende ganz offene Abbé'sche Condensor, so muss er entschieden abgeblendet werden, um das beste Bild zu erhalten.

Handelt es sich um etwas dickere Schnitte, in denen Bakterien mittelst Isolirfärbung gefunden werden sollen, dann lasse ich ja gern unter allen Umständen den „offenen“ Condensor behufs Aufhebung des Structurbildes gelten — bei Trockenpräparaten jedoch nur dann, wenn das Objectiv zum Mindesten die gleiche Apertur hat, wie der offene Condensor. Je besser der Abbé'sche Beleuchtungsapparat, je grösser seine Apertur etwa im Vergleich zu der des zur Beobachtung benützten Systems ist, desto nothwendiger erscheint bei so zarten Objecten eine zweckentsprechende Abblendung, die in der Weise erfolgt, dass man bei ganz offenem Condensor zu beobachten beginnt und nun, nachdem die günstigste Spiegelstellung gefunden ist, eine engere Blende in den Condensor einlegt, beziehungweise die Irisblende verschiebt, bis die Contouren der Bakterien scharf erscheinen, ohne Diffractionssäume zu zeigen, welch letztere der Anfänger leicht mit den Gallerthüllen mancher Schizomyceten verwechseln könnte. Bei solchem Vorgange wird man Sporen, Hohlräume u. dergl. in den Schizomyceten bei Trockenpräparaten auch mit minder ausgezeichneten Objectiven viel besser wahrnehmen, als wenn man den nebelerzeugenden, vollen Lichtkegel des unabgeblendeten Condensors auf die zarte Schicht des Trockenpräparates einwirken lässt („Princip der maximalen Beleuchtung“). Und nun zurück zu unserem Präparate.

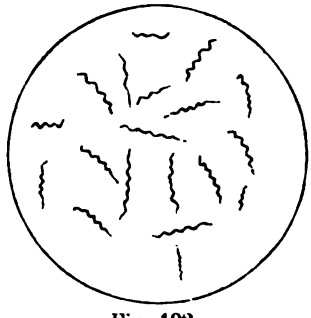


Fig. 192.

Wir werden in demselben beiläufig folgendes Bild wahrnehmen: Zwischen mehr weniger zahlreichen Plattenepithelien werden sich runde Körperchen, Speichelkörperchen und dazwischen die verschiedenartigsten Bakterienformen präsentiren, wenn wir nicht gerade den Mund mit einem Antisepticum gereinigt haben. Es werden fast alle oben beschriebenen Bakterienformen zu sehen sein. Namentlich oft und zahlreich ist der sogenannte Mundbelagpilz Lepthotrix buccalis vertreten, welcher auch Bacillus buccalis heisst und unverzweigte, scheinbar ungegliederte Kurz- oder Langfäden bildet und als Urheber der Zahncaries gegolten hat und vielfach heute noch dafür gilt; dazwischen finden wir zahlreiche Vibrionen, kurze, gebogene Stäbchen, so z. B. Vibrio lineola, und längere, äusserst zarte, dem berüchtigten Spirillum des Rückfalltyphus sehr ähnliche Spiralen, ganz wie Fig. 192 zeigt.

Aehnliche Trockenpräparate können wir aus allen möglichen flüssigen Substanzen unter Einhaltung vorgeschilderter Arbeitsweise herstellen; wie sie dauernd zu conserviren sind, wird weiter unten besprochen werden.

Wir haben bereits erwähnt, dass bei der vorgeschilderten Methode auch andere im Präparate enthaltene Objecte, nicht nur die Bakterien, gefärbt werden, und sind solche Zellkerne enthaltende Substanzen in grösseren Mengen im zu untersuchenden Material vorhanden, so können sie, da sie ja

Wasser und Rohanilin, in welchem mittlerweile ein grosser Theil des Anilins in Lösung übergegangen ist, auf das feuchte Filter auf. Man wird dann sehen, dass das in Wasser gelöste Rohanilin klar abläuft, während die noch in dem Gemenge schwebenden Anilintropfen auf dem feuchten Filter zurückgehalten werden. Diese Zurückhaltung der Oeltropfen war auch der Grund, weshalb durch das Filter vor Benützung zum Anilinfiltriren etwas Wasser durchgelassen wurde.

In dieses Filtrat bringt man nun 5·5 *ccm* einer concentrirten alkoholischen Fuchsin-Gentianaviolett- oder Methylviolett-Lösung. Das Ganze wird nun einmal in der Flasche, welche mit einem Glasstöpsel versehen sein soll, gut geschüttelt und mindestens 24 Stunden stehen gelassen. Nochmaliges sofortiges Filtriren nützt da nichts, die Lösung setzt vor 24stündigem Stehen pulverige Niederschläge ab, welche dem Anfänger Bakterien vortäuschen können, wo keine sind, dem Vorgeschrittenen die schönsten Präparate verderben. Dennoch finden frisch (jedoch auf etwas andere Weise) bereitete Ehrlich'sche Lösungen Anwendung, nämlich bei der Untersuchung auf Tuberkelbacillen, in welch letzterem Falle jedoch, wie wir später sehen werden, eine eigenthümliche Nachbehandlung der Präparate eintritt, welche die etwaigen Niederschläge beseitigt.

Nach 24stündigem Stehen kann man vorsichtsweise die Lösung nochmals filtriren und hat damit ein erheblich intensiver färbendes Mittel, als es die gewöhnlichen Anilinfarben in wässeriger Lösung sind, erreicht, welches allgemein anwendbar ist. Ihre hauptsächlichste Anwendung findet jedoch die Ehrlich'sche Lösung nicht nur bei der bereits erwähnten, später zu besprechenden Tuberkelbacillenfärbung, sondern namentlich bei der Gram'schen, von Günther und auch von Weigert modificirten Isolirfärbung der Bakteriendeckglas-Trockenpräparate, wobei jedoch sofort bemerkt werden muss, dass sich nach dieser Gram'schen, respective Günther'schen Methode nicht alle Bakterien gefärbt erhalten lassen, wenn sie sich auch mit der Ehrlich'schen Lösung an sich intensiv färben. So lassen sich die Bacillen der Cholera asiatica nicht nach der Gram'schen und der davon abgeleiteten Günther'schen Methode färben, während sich z. B. Tuberkelbacillen, Milzbrandbacillen, Tetanusbacillen und viele andere gefärbt erhalten. Der Ausdruck „gefärbt erhalten" ist der richtige, denn eigentlich färben sich auch die Cholerabacillen bei der Färbung nach Gram, aber sie entfärben sich wieder bei der Nachbehandlung, so dass sie eben nicht gefärbt zu erhalten sind, wenn man diese Isolir-Färbemethode anwendet. Ein Beispiel wird erläutern, was wir meinen. Wir wollen z. B. eine Darmentleerung auf Cholerabacillen mikroskopisch untersuchen. Wir fertigen uns, wie bereits oben angegeben, ein Deckglas-Trockenpräparat, indem wir ein winziges Partikelchen des Stuhles mit der ausgeglühten und abgekühlten Platinnadel verreiben, dann in der oben geschilderten Weise durch die Flamme ziehen, mit der eben beschriebenen Ehrlich'schen Lösung durch Auftropfen und nachheriges Nachwaschen färben, trocknen und nun mit einem Tropfen Canadabalsam u. dergl. unter eine mittelstarke Vergrösserungscombination auf den Objecttisch unseres Mikroskopes bringen. Wer nun das Präparat mit kundigem Auge betrachtet, wird da ein wahres „Tohu-wa-bohu" beisammen sehen. Zahlreiche ebenfalls mit der Anilinfarbe gefärbte Formbestandtheile der Nahrungsmittel, grosse Mengen Schleimkörperchen, vielleicht auch verschiedene krystallinische Ausscheidungen von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia und zahllose Bakterien. In diesem Gewirre den Kommabacillus der Cholera asiatica aufzufinden, wird eine äusserst schwierige Aufgabe sein. Wir wären schon zufrieden, wenn wir die Schleimkörperchen, Nahrungsmittelreste u. s. w. ungefärbt erhalten könnten, so dass wir dann blos das Bakteriengemenge zu perlustriren hätten.

Gram'schen Behandlung ebenfalls entfärben, also aus dem Bilde gleichzeitig mit den Structuren verschwinden, ein Verdachtsmoment mehr gewinnen, es mit Cholerabacillen zu thun zu haben. Freilich dürfen wir nicht vergessen, dass es noch andere Kommabacillen gibt, welche mit der Cholera asiatica nichts zu thun haben und doch die Gestalt und den Umstand gemeinsam haben, dass sie sich nach der Gram'schen Methode nicht gefärbt erhalten lassen. so z. B. der Vibrio Metschnikoff, welch letzteren man wohl kaum in menschlichen Stühlen antreffen dürfte, ferner den in Stühlen auffindbaren Finkler-Prior'schen angeblichen Cholera nostras-Bacillus, der aber längst als zu dieser Krankheit in keiner Beziehung stehend erkannt wurde u. a. m. Einen diagnostischen Werth hat im Zusammenhalt mit anderen, hier nicht zu erörternden Merkmalen die Gram'sche Methode immerhin, abgesehen von ihren vorgeschilderten technischen Vorzügen.

Wie wird die Gram'sche Methode prakticirt?

Wie Gram in Nr. 6 der „Fortschritte der Medicin", 1884, Seite 185, angab, bereitet man zunächst die Ehrlich'sche Lösung wie wir oben beschrieben haben. Von dieser Lösung filtrirt man eine kleine Quantität in ein Schälchen oder eine Glasdose und nun legt man mit der leeren Seite nach oben ein Deckglas-Trockenpräparat in die Farblösung. Hierauf bringt man das Trockenpräparat, nachdem es circa drei Minuten in der Ehrlich-schen Lösung verweilt hat, in eine Lösung von 1 Jod, 2 Jodkalium und 300 Wasser, das ist in die sogenannte Jodkaliumlösung, und belässt dasselbe ebenfalls circa drei Minuten in derselben. Aus dieser Jodkaliumlösung bringt man dann das Deckglas-Trockenpräparat in gewöhnlichen Alkohol. Man sieht, dass der Alkohol Farbstoff aufnimmt, indem sich eine Farbstoffwolke um das Präparat herum bildet. Wird kein Farbstoff mehr abgegeben, so bringt man das Präparat, ohne es erst zu trocknen, in Nelkenöl. Dieses nimmt den Alkohol auf und löst noch etwas Farbstoff. Aus dem Nelkenöl bringt man das Präparat in einem Tropfen Canadabalsam unter das Mikroskop. Exemplare der vorhin genannten Bakterienarten werden, falls sie im Präparate vorhanden waren, im Lichtkegel des Condensors ganz allein erscheinen, alle anderen Structuren und Bakterien werden entfärbt und daher unsichtbar sein. Da es aber, wie wir schon oben erwähnten, oft von Interesse ist, die Structuren ebenfalls zu färben, jedoch anders, und zwar möglichst gegensätzlich zu den isolirt gefärbten Bakterien, so können wir das ganze Präparat, bevor wir es in das Nelkenöl bringen, in eine wässerige Lösung einer anderen Farbe bringen, z. B. Bismarckbraun (Vesuvin), wodurch sich dann die roth, blau oder violett gefärbten Bakterien von den braun gefärbten Structuren abheben und wodurch man, wie oben schon erwähnt wurde, die relative Lage der Bakterien zu Gewebstheilen, Eiterkörperchen u. dergl. besser zu beurtheilen im Stande ist.

Da bei der Gram'schen Methode noch immer Fälle vorkommen, bei welchen die Zellkerne der nicht bakteriellen Structuren etwas Farbstoffe zurückhalten oder Niederschläge entstehen, hat es der bekannte Bakteriologe Dr. med. Karl Günther in Berlin unternommen, die Gram'sche Methode zu verbessern. Dr. Karl Günther schildert diese Modification des Gram'schen Verfahrens ungefähr folgendermassen:

1. Das Deckglas-Trockenpräparat kommt auf ein bis zwei Minuten in die wie oben mitgetheilt hergestellte Ehrlich'sche Farblösung.

2. Das Deckglaspräparat wird nun auf Fliesspapier gebracht, abgetupft, um es von überschüssiger Farblösung zu befreien, und dann in die Jod-Jodkaliumlösung (1 Jod, 2 Jodkalium, 300 Wasser) auf zwei Minuten eingelegt: dabei sieht man, wie sich der Bakterienanflug auf dem Deckglase glänzend schwarz färbt.

3. Nun kommt das Präparat aus der Jod-Jodkaliumlösung in gewöhnlichen Alkohol auf eine halbe Minute.

4. Hierauf in 100 Alkohol vermengt mit 3 Acid. mur. chem. pur. („Salzsäure-Alkohol") auf genau zehn Secunden.

5. Nach Ablauf dieser zehn Secunden bringt man das Deckglas so lange in mehrere hintereinander gestellte Schälchen mit Spiritus, bis dasselbe an den Spiritus keinen Farbstoff mehr abgibt.

Nun kann man das Präparat in Xylol ($C_6 H_4, 2 CH_3 = C_8 H_{10}$) bringen und dann mit einem Tropfen Xylol-Canadabalsam (Canadabalsam in Xylol gelöst, bis er honigdicke Consistenz hat) auf einem Objectträger unter das Mikroskop bringen. Günther empfiehlt auf Grund seiner Erfahrungen die nachträgliche, bei der Gram'schen Methode besprochene sogenannte Contrastfärbung der ungefärbt gebliebenen Structuren für seine Modification der Gram'schen Methode nicht, vielmehr hat er gefunden, dass der umgekehrte Weg, nämlich die Structuren vor der Behandlung mit der Gram'schen Methode auszuführen, besser zum Ziele führt. Auch verwendet Günther zu dieser vorherigen Contrastfärbung naturgemäss nicht eine Anilinfarbe, wie z. B. Bismarckbraun eine ist, weil dieselbe bei der Nachbehandlung mit Salzsäure-Alkohol, wie solche die Günther'sche Methode bedingt, kaum Stand halten würde, sondern er wendet zur Vorfärbung der Structuren Pikrocarmin,[1]) welches wir oben[2]) bei den Carminfärbungen kennen gelernt haben, an.

Der Vorgang dabei ist folgender: Das Deckglas-Trockenpräparat kommt auf ein bis zwei Minuten in die Pikrocarminlösung, wird dann mehrmals in Wasser gut ausgewaschen und dann in Alkohol gebracht. Von da bringt man sie in die Ehrlich'sche Lösung und nimmt dann die weitere Behandlung nach Gram-Günther so vor, wie mit einem ungefärbten Präparate. Gut ist es, wenn man des besseren Contrastes wegen als Ehrlich'sche Lösung eine Gentianaviolett- oder Methylviolett-Lösung anwendet, weil dann am Schlusse des Verfahrens die nach der Gram-Günther'schen Methode isolirt gefärbten Bakterien wunderschön dunkelviolett, die Structuren dagegen schön carminroth bis gelblich erscheinen. Wir bemerken übrigens, dass sich für die Ehrlich'sche Lösung, als Element der Gram-Günther'schen Methode gedacht, doch blos Methylviolett, Gentianaviolett und Victoriablau eignen, dass man also mit Fuchsin, Methylenblau und Bismarckbraun keine Resultate erzielen wird.

Weigert hat eine eigene besondere Methode zur Färbung von Fibrin und von Mikroorganismen in Nr. 8 der „Fortschritte der Medicin" (1887) angegeben, welche sich ebenfalls als eine Modification der Gram'schen Methode darstellt; dieselbe lässt nicht nur die Bakterien gut hervortreten, sondern auch das Fibrin, welches als blaues oder violettes Netzwerk erscheint. Besonders zu empfehlen ist dieses Verfahren nicht nur für Objectträger-Trockenpräparate, sondern auch zur Isolirfärbung von Bakterien in Schnitten. Selbst wo die Gram-Günther'sche Färbung versagt, wie z. B. bei den sogenannten Smegma-Bacillen, welche sich in den äusseren Geschlechtsorganen und auf der Haut auch gesunder Menschen finden und sich nach Gram und Gram-Günther nicht färben lassen, weil sie die Entfärbung in Alkohol mit den anderen Objecten mitmachen, also nicht gefärbt bleiben, erhalten sich die Bacillen nach Weigert's Entfärbung der Structuren mittelst Anilinöls gefärbt.

[1]) Günther empfiehlt 1 Carmin, 1 Ammoniak und 50 Wasser, hiezu so viel Pikrinsäure zugesetzt in wässeriger Lösung, bis sich der entstehende rothe Niederschlag von Carmin nicht mehr löst. (Dr. Friedländer.)

[2]) Seite 216 d. B.

Kitt gibt eine treffliche Anleitung zur Ausführung der Weigert'schen Modification der Gram'schen Methode. Das Objectträger-Trockenpräparat, welches Weigert statt des Deckglas-Trockenpräparates anzufertigen vorzieht, wird mit Gentianaanilinwasser (Ehrlich'sche Lösung, wie oben beschrieben) betropft, wenn man aber Bakterien in einem Schnitt nachzuweisen hat, dieser aus dem Alkohol, mit welchem er zweckmässigerweise geschnitten wurde, auf den Objectträger gebracht und vor dem Betropfen mit feinem Filtrirpapier abgetupft. Die aufgetropfte Farblösung wird ein bis zwei Minuten auf dem Objectträger belassen, dann mit Filtrirpapier abgesogen, worauf man das gefärbte Object mit der Gram'schen Jod-Jodkaliumlösung benetzt, diese zwei Minuten einwirken lässt und dann mit Filtrirpapier sorgfältig absaugt. Jetzt wird eine Mischung von Anilinöl und Xylol so lange aufgebracht, bis das Object entfärbt erscheint, dann mit Xylol allein bespült und so wie sich das Object in der Durchsicht zwar etwas gefärbt, aber glashell zeigt, das überschüssige Xylol weggenommen und das Object mit einem Tropfen Canadabalsam und einem Deckglase bedeckt, worauf man es schon besichtigen kann. Auch Kühne („Praktische Anleitung zum mikroskopischen Nachweis von Bakterien", Wiesbaden 1888) hat aus zwei Gesichtspunkten die Gram'sche Methode modificirt, und zwar:

1. um die lästigen Farbstoffniederschläge zu beseitigen,
2. um zu verhüten, dass bei der Entfärbung die Bestimmung der Zeit, während welcher das Entfärbungsmittel (Alkohol) auf die isolirt zu färbenden Objecte einwirken darf, grosse Schwierigkeiten verursache.

Er hat zweierlei Variationen seiner Methode angegeben, welche wir im Folgenden nach Dr. Friedländer-Eberth's prägnanter Darstellung skizziren wollen.

Kühne's Methode.

I.

1. Färbung des Objectes mittelst einer Lösung von Victoriablau 1·0 *gr* in 50·0 Alkohol (von 50% Wassergehalt), welche mit der Hälfte einer 1%igen wässerigen Lösung von kohlensaurem Ammoniak versetzt wurde. Diese Färbung dauert fünf Minuten.
2. Abspülen in Wasser.
3. Uebertragung in eine Lösung von Jod 2·00, Jodkalium 4·00, Wasser 100 auf zwei bis drei Minuten.
4. Abspülen in Wasser.
5. Ausziehen des Farbstoffes in Fluoresceïn-Alkohol.[1])
6. Auswaschen des Fluoresceïn-Alkohols in reinem Alkohol.
7. Aetherisches Oel auftropfen (Cedern-, Origanum-, Nelkenöl o. dergl.).
8. Einschliessen in Canadabalsam.

II.

1. Die entwässerten, mit Carmin vorgefärbten oder auch ungefärbten Objecte (also Objectglas- oder Deckglas-Trockenpräparate oder aber bakterienenthaltende Schnitte aus kranken Geweben, welch letztere in absolutem Alkohol entwässert werden müssen) kommen in eine mit auf 50 mit 1 Tropfen Salzsäure versetzte, concentrirte wässerige Violettlösung, in der sie zehn Minuten bleiben.
2. Abspülen in Wasser.
3. Einwirkung von Jod-Jodkaliumlösung zwei bis drei Minuten.

---

[1]) 1·00 gelbes Fluoresceïn (Grübler) mit 50·00 absolutem Alkohol verrieben und absetzen gelassen. Bei Rudolf Siebert in Wien, E. Merck in Darmstadt, Dr. Grübler & Co. in Leipzig zu haben.

Diagnostik durch die Tuberkelbacillenuntersuchung kamen die Instrumente in das alte Messing. Man war jetzt genöthigt, sich einer Oel- oder doch einer corrigirbaren Wasserimmersion[1]) und eines Abbé'schen Condensors zu bedienen, wie denn überhaupt diese modernen Hilfsmittel einerseits eine Grundbedingung waren, dass die bakteriologische Forschung ihre heutige Höhe erreichen konnte, andererseits durch die Anforderungen, welche die bakteriologische Wissenschaft an sie stellt, stets verbessert wurden und in den Apochromaten und den Abbé'schen Beleuchtungsapparaten mit hoher Apertur, Irisblende und Vorrichtung zum Heben und Senken eine fast kaum mehr zu übertreffende Vollkommenheit erreicht haben.

Was wir aber vom Arzte gesagt haben, das gilt auch für den Thierarzt und auch für den Apotheker, welch letzterer nicht selten in die Lage kommen wird, den Arzt von mancher nicht nur chemisch-diagnostischen, sondern auch mikroskopisch-bakteriologischen Arbeit zu entheben und deshalb sich auch auf die wichtigsten bakteriologischen Untersuchungen, von denen wieder die Sputumuntersuchung auf Tuberkelbacillen die am häufigsten vorkommende ist, einzurichten. Und nun gehen wir weiter. Koch hat sich auf Seite 221 der „Berliner klinischen Wochenschrift", Jahrgang 1882, zuerst über seine Methode, in Deckglaspräparaten mit tuberkelverdächtigem Sputum die Bacillen gefärbt zur Anschauung zu bringen, geäussert, und er bediente sich dazu folgender Farblösung: „200 *ccm* Aq. dest. werden mit 1 *ccm* concentrirter alkoholischer Methylenblaulösung wohl umgeschüttelt und unter wiederholtem Schütteln 0·2 *ccm* einer 10%igen Kalilauge zugefügt. Gut bereitet, soll diese Lösung selbst nach tagelangem Stehen keinen Niederschlag geben." In diese Färbetinctur brachte Koch die, wie oben ausgeführt, dargestellten Deckglaspräparate und beliess sie in derselben 24 Stunden. Dann nahm er die Deckgläschen aus der alkalischen Methylenblaulösung heraus und übergoss deren Präparatseite, ohne sie zuvor in Wasser zu waschen, direct mit einer concentrirten wässerigen Lösung von Bismarckbraun (Vesuvin), in welcher das Präparat nach dem Uebergiessen noch ein bis zwei Minuten liegen blieb. Sodann wurde das Deckglas so lange mit Aq. dest. abgespült, bis die blaue Farbe scheinbar gänzlich verschwunden war.

In diesen Präparaten war nun alles braun, blos die stäbchenförmigen Gebilde der Tuberkelbacillen erschienen blau gefärbt. Es handelte sich also um eine Art Diffusion, eine Verdrängung der alkalischen Anilinfarbelösung des Methylenblau durch das Vesuvin in den Structuren und allen Bakterien, die etwa im Sputum enthalten waren, bis auf die Tuberkelbacillen, welche die einmal aufgenommene Anilinfarbe zähe in sich festhielten. Die Tuberkelbacillen färben sich nämlich mit gewöhnlichen Färbelösungen (wässerigen oder alkoholisch-wässerigen Anilinfarbelösungen) gar nicht, und da nach vielen Versuchen Koch erst durch Versetzung der Methylenblaulösung mit Alkalien zum Ziele gelangte, so stellte er die These auf, dass die Tuberkelbacillen nur unter gleichzeitiger Einwirkung von Alkalien den Anilinfarbstoff in sich aufnehmen, eine Ansicht, die Ehrlich veranlasste, die mineralischen Alkalien Koch's durch die organischen Basen des Anilinöls zu ersetzen, weil dieses mehr Farbstoff aufzunehmen vermag, als die Kalilauge. So erfand Ehrlich die vielverwendete, namentlich im Gram-Günther'schen Verfahren unentbehrliche „Ehrlich'sche Lösung" und stellte die Hypothese auf, dass die schleimige Hülle, welche mehr weniger alle Bakterien umgibt, für alkalisch reagirende basische Anilinfarbstoffe besser durchgängig sei und dass die am

[1]) Es reicht, wie insbesondere Jaksch in Prag in seiner „Klinischen Diagnostik" hervorhebt, ein gutes Trockensystem (z. B. Reichert's 8a) zur Wahrnehmung der gefärbten Tuberkelbacillen aus, aber nur der geübte Fachmann wird meiner Ansicht nach in der Lage sein, ohne Immersion die Tuberkelbacillen als solche zu erkennen.

So Dr. Kaatzer, und ich habe seiner bewährten Methode nur beizufügen, dass es nach dem Vorgange des Bakteriologen Dr. Karl Günther in Berlin gut ist, wenn man das Deckglas (vor dem Betrachten des Trockenpräparates, also ehe man es auf den Objectträger bringt, jedoch nachdem man es nach vollzogener Contrastfärbung mittelst Vesuvin abgespült und an der Luft getrocknet hat) noch dreimal durch die Spiritusflamme zieht, so wie wenn man ein Trockenpräparat frisch anfertigen wollte. Dieses nochmalige Durchziehen durch die Flamme bewirkt eine Austrocknung und Unschädlichmachung der letzten Spuren von Säure, welche auch bei sorgfältigem Lichtschutze das Verblassen der Anilinfarbe in den Bacillen begünstigen würden, und verleiht den Präparaten eine grosse Haltbarkeit. Die Tuberkelbacillen erscheinen bei offenem, respective bei mit recht weiter Blende versehenem Condensor als violette (bei Fuchsinfärbung glänzend rothe, bei Gentianafärbung dunkelviolette) Stäbchen, welche zuweilen leicht gekrümmt sind, auf dem Grunde der Contrastfärbung, welche die Structuren und nicht tuberculösen Bacillen erhalten haben. Dr. Kaatzer, viele Andere und auch meine Wenigkeit verwenden zur Contrastfärbung nach dem Vorgange Koch's Vesuvin, Andere ziehen Methylenblau vor, welches namentlich zu Fuchsin eine schöne Contrastfarbe bildet. (Fig. 193.)

Die Länge der Bacillen variirt zwischen 1·6 bis 3·5 μ, manche Stäbchen zeigen perlartige eiförmige ungefärbte Räume, welche man als Sporen gedeutet hat; es handelt sich aber um keine Sporenbildung, sondern wahrscheinlich um einen Degenerationsvorgang (Plasmolyse, Vacuolenbildung), vielleicht eine Involutionserscheinung, weil die Sporen bei allen anderen Bakterien stets in gleicher Zahl in einem Stäbchen auftreten, während die ungefärbten Räume der Tuberkelbacillen in ungleicher Zahl in einem Stäbchen vorhanden sind; auch sind alle Bakteriensporen resistenter als der übrige Bacillenleib. Die ungefärbten Räume der Tuberkelbacillen dagegen sind nicht widerstandsfähiger als das übrige Plasma des Bacillenleibes. Auf die nicht sporenartige Natur dieser Hohlräume schliesst man auch unter Anderem daraus, dass man die Sporen bei anderen Bakterienarten separat färben kann. Man kocht nämlich nach Ziehl die Deckglas-Trockenpräparate, also die Deckgläschen mit den angetrockneten Bakterien, eine Stunde lang in einer wie folgt zusammengesetzten Lösung:

100 *ccm* Aq. dest.
1 *gr* Fuchsin (wasserlösliches!)
10 *ccm* Alcohol. absol.
5 *gr* Acid. carbol. crystallis.

Fig. 198.

Man lässt die Deckgläser nach einstündigem Kochen in der Lösung erkalten und wäscht sie dann unter beständiger Controle durch Betrachten unter dem Mikroskope so lange in Alkohol aus, bis nur die Sporen gefärbt, die Bakterienleiber farblos erscheinen.

Färbt man dann die lufttrocken gewordenen Deckgläser mit verdünnter alkoholischer Methylenblaulösung nach, so erhält man die Bakterienleiber als tiefblaue Stäbe, in denen die Sporen als glänzendrothe Reihen eiförmiger Perlen erscheinen. Um dieses Phänomen an Tuberkelbacillen nachzuweisen, fehlt bisher eine Methode, die eiförmigen Hohlräume derselben konnten bis jetzt auf keine Weise gefärbt werden; würde dies gelingen, so wäre die Analogie mit den Sporen anderer Bakterien hergestellt, bis dahin bleibt sie hypothetisch.

Die vorgedachte Ziehl'sche Carbol-Fuchsinlösung färbt wohl die Leibesmasse der Tuberkelbacillen, aber die Hohlräume bleiben auch nach Kochen in „Ziehl'schem Carbolfuchsin", wie man die in Rede stehende Farblösung kurz zu benennen pflegt, ungefärbt. Leicht in Beziehung zu bringen ist die Erscheinung dieser Hohlräume, welche nicht in allen Tuberkelbacillen auftreten, aber namentlich bei Speichel-Deckglas-Trockenpräparaten häufig zu sehen sind, mit der Seite 274 in einer Fussnote erwähnten Zusammenballung des Tuberkelbacillenplasmas zu kleinen Kügelchen unter dem Einfluss von Jod-Jodkalium, da es sich vielleicht doch um eine analoge Erscheinung handelt. Bevor man sich nicht überzeugt haben wird, ob analoge Hohlräume auch an ungefärbten, mit sehr guten homogenen Apochromatimmersionen von sehr hoher Apertur beobachteten Tuberkelbacillen zu sehen sind, ist es möglich. dass es sich um eine durch die Einwirkung des Färbe- oder Entfärbemittels entstandene Zusammenziehung des Bakterienleibes handelt. Hier interessirt uns dies nicht weiter, aber die Thatsache, dass gefärbte Tuberkelbacillen häufig solche Hohlräume zeigen, ist für die Bakterioskopie wichtig, weil sie jedenfalls ein charakteristisches Merkmal der Tuberkelbacillen bildet. Es gibt schon sehr viele Methoden von Tuberkelbacillenfärbung: nach Koch, nach Ehrlich, nach Ziehl-Neelsen, Bernhard Fränkel, Gabbet, Kühne, Letulle u. v. A., doch genügt es für diesen Leitfaden, wenn wir noch die Ziehl-Neelsensche Methode (die den Vorzug hat, dass man die vorbeschriebene Ziehl'sche Carbolfuchsinlösung sehr lange vorräthig halten und sich nicht erst jedesmal frisch bereiten muss) und einige ihrer Modificationen durchnehmen. Bei dieser Methode ist, wie schon erwähnt wurde, das basische Anilinöl durch die Carbolsäure ersetzt.

Man färbt nämlich in kochendem Carbolfuchsin (100 *ccm* Aq. dest., 1 *gr* Fuchsin, 10 *ccm* Alkohol absol., 5 *gr* Acid. carbol. crystall.), indem man die Färbelösung auf das Deckglas-Trockenpräparat oder einen ähnlich behandelten Objectträger auftropft und das Deck- oder Objectglas über eine Spiritusflamme oder den Cylinder einer Petroleumlampe hält, bis die Farblösung kocht. Hierauf kann man das Deckglas in eine Tuschschale mit Carbolfuchsin, die gefärbte Seite nach unten, legen und fünf bis zehn Minuten schwimmen lassen. Objectträger dagegen kommen in den oben beschriebenen Zimmermann'schen Apparat (zwei ineinander gestellte Krystallisirschalen, deren mit der Farblösung gefüllter Zwischenraum zur Aufnahme der Objectträger dient). Dann wird in Wasser abgespült und in 5%iger Schwefelsäure oder 15%iger Salpetersäure entfärbt, in 70%igem Alkohol ausgewaschen, auf 1½ Minuten in wässeriges Methylenblau oder Vesuvin eingelegt, dann mit destillirtem Wasser gut abgespült, unter Blasen oder Fächeln an der Luft getrocknet und nach vollständiger Trocknung mit Canadabalsam eingeschlossen.

Czaplewski hat das Verfahren etwas modificirt, indem er die Befürchtung hegt, dass durch die starke Säureeinwirkung leicht sogar den Tuberkelbacillen der Farbstoff entzogen werden könnte, was besonders bedauerlich ist, wenn es sich um Objecte mit nur wenig Bacillen handelt. Er bedient sich zum Entfärben und zur gleichzeitigen Gegenfärbung des Fluoresceïnmethylenblau, nämlich einer Lösung des gelben Fluoresceïn in Alkohol, soviel als nur aufgenommen wird, der Methylenblau in Substanz bis zum Ueberschuss zugesetzt wurde. Man färbt also nach Czaplewski in Ziehl'schem Carbolfuchsin, welches bis zum Sieden erhitzt wird, durch drei bis fünf Minuten, lässt abtropfen, taucht das Deckglas oder den Objectträger sechs- bis zehnmal hintereinander in das beschriebene Fluoresceïnmethylenblau, wobei man dieses jedesmal langsam vom Deckglase abfliessen lässt. Dann färbt man noch in concentrirter alkoholischer Methylenblaulösung durch zehn- bis zwölfmaliges Eintauchen

zu Bacillenuntersuchungen mit Sicherheit benützt werden — die Einrichtung besitzt. Harting, der berühmte Classiker der Mikroskopie, sagt hierüber sehr schön:

„Ein Beobachter, der einen Gegenstand nur in einem besonderen Zustande der Beleuchtung durch ein Mikroskop geschaut hat, besitzt davon eine gleich unvollständige Vorstellung, wie ein durchziehender Reisender von einer schönen Landschaft, auf die er blos im Vorbeigehen einen Blick geworfen hat und in der sich, je nachdem sie von der Morgen- oder Abendsonne beschienen oder durch die Mittagssonne im vollen Glanze bestrahlt wird oder aber mit schwarzem Gewölke bedeckt ist, abwechselnde neue Schönheiten dem Auge darstellen.“ Wenn wir also, wie beschrieben, die Untersuchungen auf Tuberkelbacillen auf's Gewissenhafteste vorgenommen und in einem Präparate (man macht von einem auf den schwarzlackirten Teller gebrachten Sputum gewöhnlich mehrere Deckglas-Trockenpräparate und sucht dabei mit der ausgeglühten Platinnadel kleine, käsige Bröckchen zu erhaschen, denen man das winzige Körnchen des „auszustreichenden“ Materiales entnimmt) Tuberkelbacillen gefunden haben, so obliegt natürlich die weitere Diagnose und Prognose nach Menge und Intensität der Nebenerscheinungen dem behandelnden Arzte; nichtsdestoweniger wird es aber gut sein, wenn sich auch der Untersuchende, wenn er auch mit dem behandelnden Arzte nicht ident sein sollte, über die Bedeutung seines Befundes, bezüglich welches ja manche bange Frage oft an ihn gestellt werden dürfte, einigermassen Rechenschaft geben kann. Ueber die diesfälligen einschlägigen Gesichtspunkte werden die folgenden Zeilen handeln.

Die Lungen- oder auch die Kehlkopf- und Luftröhrenschwindsucht, bei welcher wir Tuberkelbacillen im Sputum finden, ist zweifellos als Tuberculose der Lungen, respective als Tuberculose des Kehlkopfes und der Luftröhre anzusehen. Da nun der Tuberkelbacillus in grösserer Menge stets blos in den Absonderungen tuberculöser Processe gefunden wird und ausserhalb des menschlichen Körpers (nach Cornet) auch nur dort vorkommt, wo phthisisches Sputum Gelegenheit hat, anzutrocknen und dann zu verstäuben, so kann der Befund von Tuberkelbacillen im Sputum in der Regel keineswegs damit erklärt werden, dass das betreffende Individuum dieselben etwa soeben mit dem Staube aspirirt hat. Andererseits aber wäre es nach Dr. Friedländer in Berlin, welcher diese Fragen eingehend studirt hat, ein grober Fehler, aus dem Befunde von Tuberkelbacillen im Sputum den Schluss zu ziehen, dass der betreffende Patient der allgemeinen Tuberculose verfallen und in Folge dessen verloren ist, vielmehr steht fest, dass beim Menschen die durch Tuberkelbacillen verursachte Affection in vielen Fällen durch Jahre und Jahrzehnte hindurch relativ gutartig und local begrenzt bleibt, eventuell mehr oder minder vollständig ausheilt. Dr. Friedländer sagt: „Wir werden also aus dem Befunde der Tuberkelbacillen im Sputum stets eine ernste, aber durchaus nicht ohne Weiteres eine unbedingt schlechte Prognose abzuleiten haben; es ist ja bekannt, dass selbst ausgedehnte phthisische Zerstörungen in den Lungen unter günstigen Umständen zum Stillstande kommen und dass nicht jede Phthisis incipiens zur Zerstörung der Lunge führen muss. Jedenfalls aber wird die Diagnose der tuberculösen Erkrankung auf das Regimen des Patienten etc. von bestimmendem Einflusse sein.“

Darüber, ob bei bestehendem Auswurfe, Abmagerung etc. unter gleichzeitigem constanten Fehlen von Tuberkelbacillen im Sputum ein Abscess, zerfallender Tumor u. dergl. vorhanden ist, wird im speciellen Falle stets der behandelnde Arzt unter Berücksichtigung der übrigen Krankheitssymptome zu urtheilen haben. Aber auch hier kann uns das Trockenpräparat einigen

auf Tuberkelbacillen zu untersuchende, kranken Organen entnommene Schnitte, die das Anwenden kochender Färbeflüssigkeiten nicht vertragen und in kalten Lösungen behandelt werden müssen. Hier bemerken wir noch, dass die Tuberkelbacillenfärbung in Schnitten von Objecten, welche in Müller'scher Flüssigkeit gehärtet wurden, besondere Schwierigkeiten machte. Letulle hat im Jahrgang 1892 der „Bulletins de la Société Anatomique de Paris" ein Verfahren zur Färbung solcher Schnitte auf Tuberkelbacillen gegeben. Sie werden in Wasser gut ausgewaschen, in Hämatoxylin vorgefärbt, dann kurz in Wasser abgespült, hierauf 15 Minuten in 2%igem Phenylwasser, in welchem bis zur Sättigung die „Rubin" genannte Anilinfarbe gelöst worden ist, gefärbt, schnell in Wasser abgewaschen (eine Minute), fünf Minuten lang in 2%iges Phenylwasser (100 *gr*), in welchem 1 *gr* „Jodgrün" aufgelöst wurde, eingelegt, in absolutem Alkohol abgespült, mit Xylol oder Bergamottöl behandelt und in Canadabalsam betrachtet. Die Zellkerne des Gewebes erscheinen violett, die Tuberkelbacillen carminroth, die hyalinen Gewebstheile kirschroth und das übrige Gewebe graulila.

Wir haben oben ausführlich über die Anfertigung mikroskopischer Schnittpräparate gehandelt, und so brauchen wir hier blos zu erwähnen, dass man die Schnitte für bakteriologische Zwecke 1. aus in Alkohol gehärtetem Material anfertigt, 2. dieselben möglichst dünn macht, letzteres, weil man zur Untersuchung auf Bakterien natürlicherweise viel stärkere und daher lichtschwächere Vergrösserungen anwendet als zu histologischen Beobachtungen, ersteres, weil viele Bakterien, so z. B. die Recurrensspirillen, äusserst empfindlich gegen Säuren sind, in denen sie sich auflösen, also die Behandlung mit Chromsäure und ähnlichen Härtungsflüssigkeiten nicht überdauern würden. Von den Cholerabacillen wird ja eine ähnliche Empfindlichkeit gegen Säuren behauptet, und so wenig wir sonst geneigt sind, die Bakterien zu schonen, so sehr müssen wir ihrer individuellen Empfindlichkeit Rechnung tragen, wenn wir sie bei einer Untersuchung in concreto nachzuweisen haben. Im Uebrigen können wir alle bei der Herstellung von Trockenpräparaten zum Färben der betreffenden Bakterien und Structuren verwendeten Färbflüssigkeiten und Methoden anwenden, so namentlich die Gram'sche und die Gram-Günther'sche Methode. Für gewöhnliche Färbungen, bei denen auch die Zellkerne gefärbt erscheinen, eignet sich die Löffler'sche Methylenblaulösung, ein Gemisch aus 30 *ccm* alkoholischer, gesättigter Methylenblaulösung und 1·00 *ccm* Kalilauge, bestehend aus 1 Theil Kalihydroxyd und 10.000 Gewichtstheilen Wasser. Diese Lösung ist sehr haltbar. Die Färbung des Schnittes erfolgt stets in einem Porzellanschälchen von Uhrglasform, eventuell unter Anwendung von Erhitzung bis zum Dampfen; hierauf wird mit einer Nadel der Schnitt auf fünf Minuten in Wasser übertragen, aus dem Wasser in eine 5%ige Essigsäure, welche den Schnitt vor Ueberfärbung sichert und etwas aufhellt, aus der Essigsäure in gewöhnlichen Alkohol auf eine halbe Minute, aus diesem in absoluten Alkohol auf eine weitere halbe Minute, aus diesem in Nelkenöl, welches den Schnitt aufhellt und dessen Aufbewahrung in harzigen Substanzen, wie [illegible] Canadabalsam, möglich macht, auf eine Minute gebracht; dann [illegible] mit dem Spatel auf den Objectträger übertragen, mit Filtrir- [illegible] Deckglas mit einer Pincette unter thunlichster Vermeidung [illegible] Wasser aufgelegt, dass es zuerst mit dem einen Rande [illegible] welcher den Schnitt bedeckt, gelegt und dann [illegible] und das Präparat ist zur Untersuchung fertig.

[illegible] das grosse Gebiet der Bakterien- [illegible] Praktiker leider die Tinction [illegible] Tuberculose, eine sichere [illegible] Behandlung lebender Objecte.

in diesem Leitfaden zu besprechenden Züchtungsversuche mit lebenden Bakterien vorzunehmen.

Nur einige wenige Winke wollen wir hier hinsichtlich der mit den Tuberkelbacillen leicht verwechselbaren Bacillen der Pseudotuberculose und der Leprabacillen geben, ferner die Färbung der Geisseln der Bakterien besprechen. Was die Pseudotuberkelbacillen anbelangt, so sei bemerkt, dass sich bei verschiedenen Krankheitsprocessen der Menschen und Thiere pathologisch-anatomische Veränderungen der Organe ausbilden können, welche ohne Zuhilfenahme des Mikroskopes den Verwüstungen echter Tuberculose täuschend ähnlich sehen. In der Praxis ist die Diagnose meist nicht schwer, da sich die unechten Tuberkelbacillen mit verdünnten wässerigen Farblösungen, z. B. Methylenblau, leicht färben lassen, aber bei Behandlung mit verdünnten Säuren die Farbe wieder leicht abgeben, während bekanntlich die Färbungsmethode der Tuberkelbacillen auf dem Festhalten der Farbe seitens der Tuberkelbacillen beruht. Die Leprabacillen (Bacillen des Aussatzes, welcher „Lepra“ genannt wird) dagegen halten den Farbstoff fast ebenso fest wie die Tuberkelbacillen. Sie sind die einzigen bisher bekannt gewordenen Bakterien, welche sich nach der Tuberkelbacillenmethode färben lassen; nur erfolgt die Färbung leichter und schneller. Bei Zimmertemperatur lassen sie sich z. B. mit Ehrlich'schen Lösungen schon in einer halben Stunde färben. Auch färben sie sich nach Gram, wie wir schon oben erwähnt haben. Die Anordnung der Leprabacillen ist, wo sie sich in Geweben vorfinden, eine ganz andere als bei den Tuberkelbacillen. Diese erscheinen in wellig geordneten Gruppen, während die Leprabacillen in Bündeln in den Gewebszellen eingelagert sind.

Trotz dieser Unterschiede hat Baumgarten eine Färbemethode eigens zu dem Zwecke ersonnen, um die Leprabacillen von den Tuberkelbacillen zu unterscheiden.

Um diese Färbung auszuführen, stellt man ein Uhrschälchen oder eine Tuschschale mittlerer Grösse voll mit Wasser vor sich hin und gibt fünf Tropfen alkoholischer (concentrirter) Fuchsinlösung hinein. Dann bringt man das Object in diese Lösung, lässt es jedoch blos sechs bis sieben Minuten darin. Die Zeit muss sehr genau eingehalten werden, weil sich eben in dieser Zeit mit kalter Lösung wohl die Lepra-, nicht aber die Tuberkelbacillen färben. Hierauf entfärbt man das Object in saurem Alkohol (Alkohol von 90% zehn Theile, Acid. nitr. conc. [sogenanntes „Scheidewasser“ genügt] ein Gewichtstheil). Dann wird in Wasser gewaschen und eine Contrastfärbung mit wässeriger Methylenblaulösung vorgenommen. Nach Vornahme dieser wird nur wenig ausgewaschen, eine Minute in Alcohol. absol. eingelegt, dann in Xylol und hierauf in Canadabalsam eingeschlossen.

Die Leprabacillen erscheinen als sehr zarte Stäbchen mit etwas verwischten Ecken. Die besten Objective zeigen helle Stellen in ihnen, die aber wahrscheinlich keine Sporen sind.

Färbung der Geisseln an den Bakterien.

Die beweglichen Bakterien, über welche noch weiter unten, bei Besprechung der Behandlung des lebenden Objectes, wird Einiges erwähnt werden müssen, besitzen als Fortbewegungsorgane Geisseln, die unbeweglichen nicht. Wenn wir hier erwähnen, dass bei sich ähnlich sehenden Bakterien die Geisseln verschieden angeordnet, d. h. an verschiedenen Stellen und in verschiedener Zahl dem Bakterienleibe angesetzt erscheinen, so wird man ermessen, dass die Sichtbarmachung dieser Geisseln gewiss auch für den Praktiker eine grosse Bedeutung haben dürfte. Leider sind nämlich die Geisseln wegen ihrer Zartheit im Leben, in welchem sie in schnellschwingender Be-

Eisen (Molybdän) etc. verwendet. Hornhaut, Netzhaut, Nervengewebe,[1]) die Abgrenzungen der endothelialen Zellen werden durch Metallimprägnition, z. B. mit Arg. nitr. 1, gelöst in Aq. dest. 500, hervorgehoben. In der Praxis kann in pathologischen Fällen die Silberimprägnition zur Constatirung eines endothelialen Ueberzuges an einer vorliegenden Fläche dienen. Im Uebrigen findet die Metallimprägnition meist nur in der normalen Histologie Anwendung und hat für den mikroskopirenden Praktiker eine viel geringere Bedeutung als die Tinction durch eigentliche Farbstoffe. Kehren wir zur Geisselfärbung durch Metallimprägnition zurück. Ermengem verwendet Silbersalpeter, also als Fällungsmetall, welches niedergeschlagen wird, Silber. Das sorgfältig gereinigte Deckglas mit dem aufgestrichenen Tropfen der die Mikroben enthaltenden Flüssigkeit wird dreimal durch die Flamme gezogen. Man bereitet sich vorher eine Tanninlösung von 100 *gr* Aq. dest., in welcher 20 *gr* Tannin in der Hitze gelöst werden, worauf man nach Abkühlenlassen filtrirt. Von dieser Lösung werden 100 *ccm* mit 2 Theilen Acid. acet. glaciale (Eisessig) versetzt und 1 Theil 2%ige Osmiumsäurelösung hinzugefügt. Einen Tropfen dieser Mischung lässt man 30 Minuten in der Kälte oder fünf Minuten bei 50 bis 60° C. auf dem Präparate stehen. Nach sorgfältigem Abspülen in Wasser oder Alkohol wird das Präparat in 0·5- bis 0·25%ige Lösung von Silbersalpeter einige Secunden eingetaucht und ohne abzuspülen in folgende Mischung gebracht:

Acid. gallic.	5·0
Acid. tannic.	3·0
Kali acet. fus.	10·0
Aq. destill.	350·0

Nach einigen Secunden kommt unter fortwährender Bewegung der Flüssigkeit das Präparat in die obige Silberlösung zurück, bis diese sich zu schwärzen beginnt. Dann spült man mit sehr viel Wasser ab, trocknet zwischen Filtrirpapier. Die Geisseln erscheinen dunkelbraun, fast schwarz.

In Dr. v. Langenbeck's „Archiv für klinische Chirurgie", Band 59, Berlin 1899, Verlag von August Hirschwald, findet sich auf Seite 129 eine Kritik der bisherigen Methoden der Geisselfärbung. Auch der Lector für wissenschaftliche Photographie an der Wiener Universität, Herr Dr. Hinterberger, prakticirt eine treffliche Methode der Geisselfärbung. Doch hätte es keinen Zweck, in diesem Leitfaden alle diese Methoden, z. B. jene von Koch oder von Künstler zu beschreiben.

Auch die Metallimprägnitionen stellen sich als chemische Reactionen dar, doch werden sie besser bei den Tinctionen eingereiht. Nunmehr gehen wir zu den eigentlichen chemischen Reactionen unter dem Mikroskope über.

Die chemischen Hilfsmittel des Mikroskopikers und die Anwendung des Mikroskopes bei chemischen Untersuchungen.

Wir haben schon oben den Unterschied zwischen Tinctionen und chemischen Reactionen im engeren Sinne auseinandergesetzt und die Tinctionen, welche eine specielle Art der mikroskopischen Technik bilden, ausführlich behandelt.

Für jene Kreise, welchen dieser Leitfaden bestimmt ist, wird es nicht nothwendig sein, die chemischen Reactionen des Langen und Breiten zu erörtern, denn diese Kreise sind vermöge ihres Berufes mit denjenigen, die ihr Fach erfordert, meistens hinlänglich vertraut, und wir werden uns hier auf die sogenannten morphologischen und histochemischen Reactionen

[1]) Vergl. Golgi's classisches Werk „Untersuchungen über den feineren Bau des centralen und peripherischen Nervensystems". Deutsche Uebers. von R. Teuscher in Jena.

Werke von Dr. Heinrich Frey: „Das Mikroskop und die mikroskopische Technik", Leipzig, Engelmann's Verlag, und in anderen einschlägigen Werken, die speciell zur Untersuchung thierischer Gewebe dienlichen chemischen Reagentien aufgezählt und trefflich besprochen finden wird.

Die gewöhnliche Aufbewahrung und Application mikrochemischer Reagentien zu schildern, liegt im Rahmen dieses Leitfadens. Die erstere geschieht entweder in Lambert'schen Tropfgläsern, in Stift- und Pipettenfläschchen, wie solche bereits bei den Färbeflüssigkeiten erwähnt wurden (Fig. 197, 198 und 199), oder in gewöhnlichen Reagentienflaschen mit eingeschliffenem Glasstöpsel, welcher ebenso wie der Flaschenhals horizontal abgeschliffen sein soll, um eine leichte Beseitigung des begreiflicherweise bei mikrochemischen Arbeiten besonders störenden Staubes zuzulassen. Nur Kali- und Natronlauge lässt sich so nicht aufbewahren. Schliesst nämlich der Glasstöpsel gut, so verkittet er sich bei Aetzkali- und Aetznatronlösungen dergestalt mit dem Flaschenhalse, dass es nicht möglich ist, die Flasche zu öffnen. Weiters nimmt bei lockerem Einsetzen des Stöpsels die Lauge Kohlensäure aus der Luft auf und wird schwächer. Dagegen hilft auch das Bestreichen der Verschlusstelle mit geschmolzenem Paraffin, welche Massregel einige Mikroskopiker empfohlen haben, nicht viel. Wilh. Behrens gibt in seinem „Leitfaden der botanischen Mikroskopie", Braunschweig, bei Harald Bruhn, 1890, eine bewährte Vorrichtung zur Aufbewahrung concentrirter Laugen für mikrochemische Zwecke an. Fig. 200 zeigt diesen kleinen Apparat in beiläufig ein Drittel natürlicher Grösse. *F* ist eine weithalsige Flasche, die mit einem Kautschukpfropfen *K*, welcher zwei Durchbohrungen besitzt, gut verschlossen ist. Durch die eine Bohrung reicht das heberartig gekrümmte dünne Glasröhrchen *g* bis auf den Boden der Flasche *F*; seine obere, fein ausgezogene Oeffnung *o* kann mit einem Stückchen Kautschukschlauch, in welchem an einem Ende ein Stückchen eines einerseits zugeschmolzenen Glasröhrchens gleichen Kalibers wie *g* steckt, während das andere offene Ende über *g* bei *o* geschoben wird, hermetisch verschlossen werden, falls man nicht mit dem Apparate arbeitet. Durch die andere Bohrung geht der untere dünne Theil der an einer Stelle kugelförmig erweiterten Röhre *R*. Oben ist die Röhre *R* mit einem Kautschukpfropfen K_1 versehen, welcher in der Mitte durchbohrt ist und in der Bohrung die beiderseits offene dünne Glasröhre *r* trägt. In *R* kommt in die kugelförmige Erweiterung ein kleiner Bausch von hydrophiler Watte oder noch besser von Glaswolle und darüber kommen Stückchen einer Kohlensäure entziehenden Substanz, welche nach W. Behrens wie folgt zubereitet wird: Gleiche Theile Aetzkalk und krystallisirtes Glaubersalz werden in einer Reibschale gut mit einander verrieben und dann, nachdem man die Mischung eine Zeit lang sich selbst überlassen hat, in einer Blechschale über einer Bunsen- oder Spiritusflamme scharf getrocknet. Will man einen Tropfen Kalilauge z. B. auf ein Object auftropfen, so entfernt man die hier nicht abgebildete, aus dem Kaut schlauch und dem einerseits zugeschmolzenen Glasrohrstückchen bes Kappe von *o* und steckt selbe auf *r* auf. Dann fasst man *F* mit der ganz an, bis sich die Luft über *F* ausdehnt (in Folge der Handwärm


Fig. 197.


Fig. 198.


Fig. 199.

Fig. 200.

Fig. 201 zeigt die ganze Veranstaltung. *ABCD* ist der Objectträger, *abcd* das Deckglas, *o* das zu behandelnde Object, *f* der Leinen- oder Glasfaden; in *T* wird nun ein Tropfen desjenigen Reagens angebracht, welches man auf das Object *o* einwirken lassen will; in Folge dessen, dass der Faden capillär wirkt, entsteht ein Herüberströmen des chemischen Reagens vom Tropfen *T* zum Object *o*. Auch zum allmäligen Auswaschen von Objecten kann diese Veranstaltung dienen, wenn man an der linken Seite bei *bd* ein Streifchen Filtrirpapier ansetzt, das die Waschflüssigkeit wegsaugt und wenn man den Tropfen *T* stets durch einen neuen Tropfen der Waschflüssigkeit ersetzt. Natürlich muss auch die neutrale Flüssigkeit, in der das Object *o* unter dem Deckglase *abcd* zu liegen kommt, durchaus nicht Wasser sein; sie muss auch nicht immer neutral im wahren Sinne des Wortes sein. Ein Beispiel wird dies erläutern.

Unter das Deckglas *abcd* bringe man als Object ein winziges Knäuelchen (einige Fasern) hydrophile Watte, und zwar in einem Tropfen einer Mischung aus 2 Theilen Jod, 3 Theilen Jodkalium, 70 Theilen Glycerin, 15 Theilen Wasser und 15 Theilen Alkohol (Hager), bringe an das Knäuelchen Watte einen Glasfaden mit dem einen Ende, während das andere Ende an der Stelle *T* des Objectträgers freiliegt, und beobachte mit einer 150 bis 200maligen Vergrösserung. Man wird kaum etwas Anderes wahrnehmen, als etwa eine leicht gelbliche Färbung der Baumwollfasern, aus denen das Knäuelchen Watte besteht. Nun bringe man, während das Watteknäuelchen im Gesichtsfelde des Mikroskopes sich befindet, einen Tropfen Acid. sulf. anglican. an das freie Fadenende *T* und blicke durch das Mikroskop; man wird sehen, dass sich nun die Baumwollfäden blau färben, ähnlich wie Stärke in Jodlösung, dass sie schliesslich aufquellen, ihre Contouren gallertartig verschwimmen und schliesslich ganz verschwinden. Die Baumwollfäden bestehen nämlich aus Cellulose, und wir haben die analytische Reaction auf Cellulose mittelst Jod und Schwefelsäure ausgeführt, welche übrigens durch eine exactere ersetzt worden ist, nämlich durch die Chlorzink-Jod-Reaction.

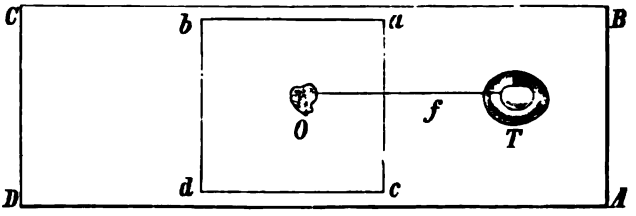


Fig. 201.

(3. Auflage, Berlin 1879, Denicke's Verlag Georg Reinke) auf Seite 66 treffend sagt, man beim umgekehrten Mikroskope bei stärkeren Vergrösserungen wegen der kurzen Brennweite der Objective als Objectträger nur dünne Deckgläschen verwenden kann, die sehr unbequem, zerbrechlich und schwer zu reinigen sind, während man bei schwächeren Vergrösserungen, wo diese Nachtheile wegfallen, auch bei Mikroskopen von gewöhnlicher Einrichtung durch hinreichend grosse und etwas dickere Deckgläschen das Objectiv vor jenen schädlichen Einflüssen schützen kann (vergl. Dippel „Das Mikroskop" im 1. Theile der ersten, 1867 bei Vieweg & Sohn in Braunschweig erschienenen Auflage auf Seite 206 und 207). Zum Schutze des Objecttisches und des Abbé'schen Beleuchtungsapparates, falls ein solcher bei mikrochemischen Versuchen angewendet wird, ist es rathsam, auch wenn der Tisch aus Hartgummi besteht, ihn mit einer circa 1 *mm* dicken Glasplatte zu bedecken, auf die erst der Objectträger kommt. Die obere Linse des Condensors bringt man unmittelbar unter die untere Fläche der Glasplatte und kann, wenn man, was übrigens bei mikrochemischen Versuchen nicht allzu oft vorkommen wird, eine Immersion zum Beobachten verwendet, zwischen die Frontlinse des Condensors und die Glasplatte und zwischen diese und den Objectträger einen Tropfen der Immersionsflüssigkeit bringen, um dem Lichte vom Spiegel bis zum Objecte eine möglichst homogene Bahn zu schaffen und Lichtverluste zu vermeiden. Bei Anwendung von Trockensystemen von kurzer Brennweite nützt dieses Verfahren auch, insoferne diese Objective ebenfalls helle Beleuchtung erfordern.

geschlagene Osmiummetall auf dem Objecte niedergeschlagen wird. Ein rein tinctorielles Reagens auf Fett ist Chinolinblau, auch Cyanin genannt, welches das Fettgewebe tiefblau färbt. Es lassen sich eben bei mikrochemischen Arbeiten, wie schon erwähnt, tinctorielle, morphologische und analytische Reagentien nicht streng auseinanderhalten. So wird Fett, und zwar auch pflanzliches, durch Alkannatinctur (zerkleinerte Radix Alkannae wird mit absol. Alkohol extrahirt und dann filtrirt) lebhaft roth gefärbt. Concentrirte Schwefelsäure wirkt auf Fett gerade entgegengesetzt ein wie Aether und Benzin. Es löst nämlich die concentrirte Schwefelsäure schliesslich alle Gewebe auf und lässt das Fett allein unangegriffen.

An diesem Beispiele sehen wir, wie mannigfache chemische Reagentien es zum Nachweise einer einzigen Substanz, der Fettsubstanz, gibt, und dabei haben wir selbe nicht einmal erschöpfend dargestellt!

Aehnlich zahlreich sind die Reagentien zum Erkennen von Eiweiss (Albumin), beziehungsweise der Proteïnkörper. Millon's Reagens (1 Gewichtstheil Quecksilber, in 1 Gewichtstheil conc. Acid. nitr. gelöst und mit dem gleichen Volumen Aq. dest. versetzt, chemisch als salpetersaures Quecksilberoxiduloxyd anzusprechen) färbt diese Körper roth, besonders wenn man sie darin erhitzt, conc. Schwefelsäure rosenroth, Kupfersulfatlösung nach Zusatz von Aetzkalilauge dunkelviolett, Salpetersäure gelb, Salzsäure nach längerer Einwirkung (mehrere Stunden) schwärzlichviolett u. s. w.

Auch Rohrzucker als Syrupus simplex der Apotheken dient, wenn er auf Schnitte gebracht und Schwefelsäure (Acid. sulf. anglic. 50, Aq. dest. 70) einwirken gelassen wird, durch Erzeugung einer rosa Färbung, falls die Schnitte Eiweisskörper enthalten, als Reagens zur Erkennung dieser Körper.

Rohrzucker und Traubenzucker können nach Dippel am besten mittelst der Trommer'schen Probe erkannt werden. Man bringt zu diesem Behufe den zu untersuchenden dicken Pflanzenschnitt zunächst in eine concentrirte Lösung von Kupfervitriol (Kupfersulfat, schwefelsaures Kupferoxyd), spült ihn sorgfältig ab und bringt ihn dann in ein Schälchen mit Kalilauge, welche kocht. Ist im Schnitte Traubenzucker vorhanden, entsteht eine prächtig rothe, bei Vorhandensein von Rohrzucker eine schön himmelblaue Färbung des Zelleninhaltes. Als ähnliches Reagens dient die „Fehlingsche Lösung". Sie wird nach der Soxhlet'schen Verbesserung aus zwei Vorrathslösungen zusammengemischt, da sie sich sonst nicht hält. Die Lösung I besteht aus 34·639 *gr* reinstem krystallisirten Kupfersulfat und 500 *ccm* Aq. dest.; die Lösung II aus 173 *gr* krystallisirtem Seignettesalz (Kalium natriumtartarat) nebst 50 *gr* Natriumhydroxyd und 500 *ccm* Wasser. Beide werden in Kappenflaschen mit Glasstöpsel verwahrt und zum Gebrauche gleiche Volumtheile zusammengemischt. Kocht man den Schnitt in dieser Lösung, so bildet sich ein gelber oder rother Niederschlag von Kupferoxydul sofort, falls Traubenzucker zugegen war; bei Rohrzucker muss das Kochen längere Zeit fortgesetzt werden, bevor die Reaction eintritt. Dann wandelt sich nämlich der Rohrzucker durch's Kochen in Traubenzucker um.

Dr. H. Molisch, dem wir ein treffliches Werk: „Grundriss der Histochemie der pflanzlichen Genussmittel" (in Jena bei Gustav Fischer 1891 erschienen) verdanken, hat zwei äusserst empfindliche, die unglaublich geringe Menge von 0·00001 % Zucker anzeigende Reagentien entdeckt, nämlich α-Naphthol und Schwefelsäure und Thymol mit Schwefelsäure. (Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien ex 1886, 93, II, 912). Die 15%ige alkoholische Lösung von α-Naphthol oder Thymol gibt mit Zuckerlösungen jeder Art, wenn Schwefelsäure im Ueberschusse zugesetzt wird, die sogenannte Furfurolfarbenreaction (bei α-Naphthol violett, bei Thymol rubin- oder carminroth). Leider geben nach den Untersuchungen von Seegen,

keit wird abgegossen und das erstere untersucht (Preis circa 40 *K*). Die zweite, allerdings etwas theurere Maschine ist noch solider construirt: Eine runde Scheibe enthält sechs zur Aufnahme der Eprouvetten dienende, an beweglichen Achsen hängende Hülsen, wodurch ein Aufwirbeln des Sedimentes vollständig vermieden wird. Der grosse Durchmesser der Scheibe bedingt eine bedeutende Centrifugalkraft, so dass sich alles überhaupt Sedimentfähige absetzt. Preis circa 90 *K*. (Fig. 204.) Auch Mechaniker Hermann Dümmler in Wien liefert gute Centrifugen. Es gibt derlei inländische schon zum Preise von 28 *K*.

Auf die eine oder andere Art (mit und ohne Centrifuge) erhaltene Bodensatzablagerungen von Harn werden durch Einbringen in eine Pipette oder auch in ein circa 3 *mm* im Lichten messendes, an beiden Enden offenes Glasrohr, welches man an seinem oberen Ende mit dem Finger zuhält und mit seinem unteren Ende in den Bodensatz einführt, dann den Finger oben wegthut und ihn gleich wieder auf die obere Oeffnung hält und erst, wenn man mit der unteren Oeffnung über einen Objectträger oder ein Uhrgläschen gekommen ist, loslässt, so dass sich das in die Pipette oder das Glasröhrchen eingedrungene Sediment tropfenweise entleert, der mikroskopischen Untersuchung unterworfen.[1])

Fig. 205.

Das Gebiet ist zu gross und es stehen zu viele Hilfsbücher dem Praktiker zur Verfügung, als dass es möglich und nothwendig wäre, die Harnuntersuchung (Uroskopie) in diesem Leitfaden auch nur cursorisch, wie wir dies später mit der weit jüngeren Bakterioskopie aus verschiedenen Gründen zu thun gedenken, zu behandeln. Eine prächtige Darstellung findet u. A. die mikroskopische und chemische Harnuntersuchung in v. Jaksch' „Klinische Diagnostik innerer Krankheiten mittels bakteriologischer, chemischer und mikroskopischer Untersuchungsmethoden" (Wien und Leipzig, Urban und Schwarzenberg 1889), ferner in Dr. Giulio Bizzozero's „Handbuch der klinischen Mikrospopie", deutsche Ausgabe, Erlangen 1883. Auch das vorcitirte gute, aber leider mangelhaft illustrirte Büchlein von Dr. Neumann-Wender in Czernowitz genügt für Apotheker und Chemiker, die das ABC der chemischen Manipulationen hinter sich haben, um sie zu derlei Untersuchungen zu befähigen, wenn anders sie das Mikroskop zu handhaben verstehen. Für Thierärzte findet sich das Nöthige in der „Anleitung zur mikroskopischen und chemischen Diagnostik der Krankheiten der Hausthiere" von O. Siedamgrotzky und Hofmeister in Dresden, Schönfeld's Verlag, 2. Aufl. 1884, und in Prof. Dr. Friedberger und Fröhner's „Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden für Thierärzte", Verlag von Enke in Stuttgart, 1895. Schon

[1]) Auch an ihrer Spitze nach oben gekrümmte Pipetten leisten gute Dienste. Mit ihnen hebt man nicht das Sediment, sondern die über dem Sediment stehende Flüssigkeit ab.

Commissariate erstattete, vorgezeigt zu werden pflegte, bestimmt nicht seinen abgängigen Sohn Johann W. zu erkennen vermöge! Dagegen erklärte die Rosalia K. und der Cousin des Abgängigen, Josef Werderits, in der Photographie des Ermordeten bestimmt den abgängigen Joh. W. zu erkennen. Man kann sich, da doch bereits eine Fehlagnoscirung angesichts der Leiche erfolgt war, die Schwierigkeit vorstellen, mit der die Wiener Polizei hier zu kämpfen hatte, da zur Zeit, als die Abgängigkeit des Johann Werderits bekannt wurde, der Leichnam des Ermordeten schon beerdigt war, man daher den sich widersprechenden Agnoscirungszeugen nicht mehr den Ermordeten zeigen konnte! Das Commissariat Döbling wies nun die Rosa K. und den Josef Werderits lediglich als Agnoscirungszeugen (dies wolle festgehalten werden) mit Note vom 13. November 1897 an das Commissariat Floridsdorf als Thatorts-Commissariat. (Der Vater des Ermordeten war bereits abgereist.)

Hier erkannte sowohl die Rosa K., als der Cousin Josef W. des abgängigen Johann W. in den ihnen vorgewiesenen Kleidern des Ermordeten mit aller Bestimmtheit jene des seit 3. November 1897 abgängigen Johann W. Der ermordete Johann W. war ein kräftiger Mann, der Agnoscirungszeuge Josef W. war mit Beinfrass in einem Fusse behaftet, also von vorneherein kein Anlass, Verdacht zu hegen, dass er im Stande gewesen wäre, seinen kräftigeren Cousin zu überwältigen. Natürlich wurden Rosa K. und Josef W. ausführlich über die letzten Stunden, die sie mit dem Ermordeten zugebracht, einvernommen und da gab Josef W. zu, am 3. November 1897 den Johann W. in einer Branntweinschänke zurückgelassen und seither nicht mehr gesehen zu haben. Jeder Verdacht, der sich etwa auf Josef W. lenken wollte und welcher in den trefflichen Menschenkennern und erfahrenen Criminalpolizisten, den beiden Räthen Jurka und Jeřabek immer wieder aufstieg, wurde durch einen irrthümlichen Alibibeweis, den die Aussage Rosa K.'s für die muthmassliche Zeit des Mordes bezüglich des Josef W. erbrachte, wieder einigermassen unterdrückt.

Da geschah es, dass, während Josef W. auf dem Commissariate Floridsdorf vernommen wurde, der damalige Commissär Josef Karl, ein besonders pflichteifriger und scharfblickender Beamter, auf dem dunklen Rocke des Josef W. einen verdächtigen braunen Fleck bemerkte. Die Räthe Jurka und Jeřabek liessen sogleich den Verfasser behufs mikroskopischer Untersuchung zum Amte rufen. Polizei-Assistenzarzt Dr. Weihrauch, welcher zur Klarstellung dieses Falles schon bei der ersten Thatbestandsaufnahme überhaupt sehr viel beigetragen hatte, suchte unterdessen den Rock des plötzlich trotz des scheinbaren Alibibeweises zum Verdächtigen gewordenen Josef W. mit einer zehnmal vergrössernden Lupe ab und fand noch viele verdächtige Flecke. Der Verfasser brachte zwei mit Objectiv- und Ocularrevolver versehene Mikroskope (eines von L. Merker, das andere von F. Ebeling in Wien), sowie Kalilauge, Kochsalz und Acid. acet. glaciale in's Amt und nun untersuchten Dr. Weihrauch und Verfasser mit je einem Mikroskope einen Fleck nach dem anderen auf seine Beschaffenheit, während das Verhör mit dem Josef W. weiter fortgesetzt wurde.

Mit Kalilauge behandelt, zeigten einige Flecke Körperchen, welche den Blutkörperchen ähnlich sahen, doch war der Beweis kein untrüglicher. Nun wurden mit entsprechenden Pincetten Fäden aus den verdächtigen Rockstellen entnommen, in einem Tropfen gewöhnlichen, aus der Apotheke geholten Eisessigs auf den Objectträger gebracht, ein Körnchen Kochsalz dazugegeben, mit einem 1 *cm* im Durchmesser haltenden Deckgläschen bedeckt und über dem Lampencylinder einer Petroleumlampe bis zum Blasenwerfen erhitzt, und siehe da, eine 150malige Vergrösserung zeigte sofort die Teichmann'schen

Haeminkrystalle. Nachdem die grösseren Krystalle auf diese Art rasch aufgefunden und in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht worden waren, wurde mit dem Abbé'schen Beleuchtungsapparate bei halbgeöffneter Irisblende und einer 400maligen Vergrösserung nachuntersucht, und nun erschienen die Contouren der mehr farblosen Chlornatrium- und Natr. acet.-Krystalle ausgelöscht und die dunkelbraunen Haeminkrystalle traten deutlich auf lichtem Grunde hervor, so dass sie jedem Laien auffallen mussten.

Wir wussten also, dass wir Blut vor uns hatten![1])

Nun hätte ja der Fall eintreten können, dass der Verdächtigte ruhig erklärt hätte, er habe Nasenbluten gehabt u. dergl., aber „den schuldigen Mann geht's Grausen an", sagt das deutsche Rechtssprichwort. Das Wort „Blut" wollte dem Mörder nicht über die Lippen, er leugnete und gab an, die Flecke seien Ziegelflecke, von seiner Arbeitszeit auf Bauten herrührend. Nun begann man ihn durch ein Kreuzverhör in die Enge zu treiben, man hatte ja das erste Glied in der Kette der Indicienbeweise in der Hand! Der noch leugnende Mörder wurde hierauf in Haft behalten und vom herbeicitirten Ueberführer Seltenheim als jener Mann agnoscirt, der am kritischen Tage sich mit dem Ermordeten von Klosterneuburg in die Schwarzlackenau hinüberschiffen liess. Eine Hausdurchsuchung in der Wohnung des Josef W. ergab weiters Geld in auffälliger Menge und ein blutbeflecktes Hemd, dessen Flecke Josef W. wieder als Ziegelflecke zu bezeichnen versuchte. In der Früh des 14. November 1897 schritt jedoch Josef W. unter dem Drucke der nunmehr vorliegenden Indicien, insbesondere des Vorhaltes, dass auch die Flecken im Hemde von Blut herrühren, zu einem umfassenden Geständnisse, zu welchem ihn die Polizeiräthe Jurka und Jeřabek, sowie Commissär Karl durch logische Vorführung der Beweiskette veranlassten. Er hatte an seinem Cousin einen Raubmord begangen!

Sein Alibibeweis erwies sich als falsch, seine Quartiergeberin, Rosalie K., hatte sich in der Zeit seiner Heimkehr geirrt. Nach dem umfassenden Geständnisse hatte die Blutflecken-Untersuchung im forensischen Verfahren jede Bedeutung verloren, sie hatte aber im präforensischen Verfahren eine sehr wichtige Rolle gespielt. Josef W. wurde wegen Raubmordes zum Tode verurtheilt, jedoch begnadigt.

Dieser Fall zeigt recht deutlich die Bedeutung der Sachverständigen im präforensischen Verfahren, wo es sich um rasche Orientirung über die Richtigkeit einer Spur handelt. Jeder Fall liegt freilich in mikroskopisch-chemischer Hinsicht nicht so einfach.

Oft wird die Behauptung, dass ein Fleck Blut sei, vom Verdächtigen ohneweiters zugegeben werden, dann kann die Frage entstehen, ob nicht aus den Beimengungen (Flimmerepithel, Nasenhaare, Pflasterepithel etc.) auf den Charakter des Blutfleckes (Nasen- oder Menstrualblut etc.) geschlossen

---

[1]) Hier wäre der Ort zu bemerken, dass Prof. E. Ludwig auf S. 320 der II. Auflage (1895) seiner „Medicinischen Chemie" darauf hinweist, dass Janiček und Schöfer darauf aufmerksam gemacht haben, dass einerseits aus den Excrementen von Fliegen, andererseits aus zerdrückten Wanzen leicht Haeminkrystalle dargestellt werden können. Hiezu bemerkt Strzyzowski in seiner zweitgenannten Arbeit, dass er nicht nur aus Wanzen und Fliegen, sondern auch aus zerdrückten Flöhen (Pulex irritans) und zerdrückten Mücken (Culex pipiens) und schliesslich auch aus Excrementen von Stubenfliegen, wenn letztere Gelegenheit gehabt hatten, Blut zu saugen, Haeminkrystalle dargestellt habe. Heinrich Struve hat in seiner in der Zeitschrift für analytische Chemie, Jahrg. 1893, abgedruckten Abhandlung: „Zur gerichtlich-chemischen Untersuchung auf verdächtige Flecken" letztere Beobachtung bestätigt, nämlich dass in den Excrementen von Fliegen Blutfarbstoff nur dann nachweisbar ist, wenn sie sich von Blut genährt haben, sonst aber nicht. Ich bemerke noch, dass wohl Blutfarbstoffe, aber keine Blutkörperchen in dem von Insecten gesogenen Blute zu finden sind.

Substanzen, z. B. Tabakrauch, Chromsäurelösung etc., keine Reaction gibt. Diese verminderte Empfindlichkeit der nicht frisch bereiteten Guajactinctur ist aber für den forensischen Gebrauch nur vortheilhaft. Mikrochemisch führe ich die Probe wie folgt aus: Ein kleines Partikelchen der zu untersuchenden Substanz, z. B. ein Stückchen Leinengewebe oder Geschabsel von Holz, welches verdächtig ist, mit Blut besudelt zu sein, wird in stecknadelkopfgrosser Menge auf einem Objectträger in einem Tropfen Terpentinöl mit zwei Nadeln zerkleinert, respective ausgebreitet. Nunmehr legt man ein Deckglas von circa 18 *mm* im Quadrat auf und betrachtet die Substanz bei schwacher, etwa 50facher Linearvergrösserung ohne Blende, unter Anwendung des vollen Lichtes des ebenen Spiegels, und nur wenn die verdächtige Substanz zu undurchsichtig sein sollte, des Hohlspiegels. (Der Abbé'sche Condensor ist hier ganz entbehrlich.)

Man wird sich dabei auch über die blutverdächtige Substanz oberflächlich orientiren. Bei einem punktgrossen, mit freiem Auge kaum sichtbaren rothbraunen Blutfleck auf feinster Leinwand, den ich mit der Pincette herauszupfte und in der geschilderten Weise unter das Mikroskop brachte, sah ich bei circa 50facher Linearvergrösserung (Ebeling's oder Merker's Objectiv Nr. 2 mit Ocular 3, C. Reichert's Achromatobjectiv Nr. 3, Ocular 1, oder Apochromatobjectiv $^1/_3''$ und Compens.-Ocular 2, oder C. Zeiss' achromatisches Objectiv a_3 mit Ocular 4 oder Apochromat 16 *mm* Brennweite und Compens.-Ocular Nr. 4 etc. etc.) deutlich die Verschlingung der Fäden des Gewebes, die ihrerseits wieder aus einzelnen Leinenfasern zusammengedreht erschienen und auf den Fäden rothbraune, unregelmässig vertheilte Farbstoffinseln.

Als ich nun an drei Seiten des quadratischen Deckglases je einen Tropfen bereits über ein Jahr in verkorkter 100 *gr* haltender Medicinflasche aufbewahrter Guajactinctur mittelst eines Glasstäbchens ansetzte, so dass sich die dreifache Volummenge durch die Capillarität zwischen Objectträger und Deckglas ergoss und mit dem Terpentinöltropfen mischte, begannen sich das Gewebe, respective die Fäden sofort blau (mit einem ganz leichten Stich in's Grünliche) zu färben, und zwar wurden die rothbraunen Inseln am Rande zunächst dunkelblau. Das Gesichtsfeld blieb schön weiss und nach fünf Minuten sahen die Leinenfäden aus, als ob man sie mit Anilinblau gefärbt haben würde. Dabei schimmerte die rothbraune Farbe des Blutes bei einzelnen Inselchen noch durch. Der grünliche Ton entstand durch die gelbliche, vom Rande her zuströmende Guajactinctur (gelb und blau gibt grün als Mischfarbe).

Bei einem Controlversuch mit alter, beschmutzter Leinwand ohne Blut blieb das Leinengewebe unter dem Mikroskope nach Einwirkung der Guajactinctur graugelb, auch nach vielen Stunden und bei Anblasen mit Cigarettenrauch zeigte das Gewebe keine Blaufärbung und auch die Flüssigkeit blieb hellgelb. Dagegen färbte sich Gewebe, das mit einer blutähnlichen Chromsäurefarbe befleckt, dann ausgewaschen und getrocknet worden war, sofort blau, jedoch viel schneller als beim Versuch mit Blutflecken, und es färbte sich hier nicht blos das Gewebe, sondern das ganze Gesichtsfeld in einer Minute blau. Wenn ich auch zugeben muss, dass es Farbstoffe geben mag, die ebenso allmälig durch die vorräthige Guajactinctur blau gefärbt werden, wie dies bei Blutfarbstoff geschieht, so wird in der Praxis doch auch zu erwägen sein, ob anzunehmen ist, dass im gegebenen Falle eine freie Chromsäure enthaltende Farbe vorliegt. Ohne freie Chromsäure, z. B. mit doppeltchromsaurem Kali, entstand bei oben geschilderter mikrochemischer Ozonprobe niemals eine Blaufärbung. Auch Eisenrost gab keine Blaufärbung, was begreiflicherweise wichtig zu wissen ist. Flecke von Ferrum sesquichloratum dagegen ergaben eine sozusagen stürmische Reaction.

Experimenten verwendet werden, so kann die Oeffnung *x* begreiflicherweise mittelst Auflegen eines mit Unschlitt, Wachs u. dergl. bestrichenen Deckglasfragmentes leicht verschlossen werden.

Bringt man das Ganze auf den Objecttisch eines beliebigen Mikroskopes continentaler Façon und stellt mit einem Objectiv geringer Stärke und einem mittleren Oculare auf die Mitte des Apparates ein, so wird man durch das Gesichtsfeld die drei Drähte laufen sehen. Hat man nun an dem Mikroskope, wie ja jetzt meist der Fall, einen Abbé'schen Beleuchtungsapparat[1]) oder gleichwerthigen Condensor mit Sternblende, oder eine Beleuchtungslinse, welche Beleuchtung opaker Objecte von oben gestattet, und beleuchtet nun mittelst eines der genannten Hilfsmittel die Platindrähte von oben, so werden dieselben als silberweisse Fäden auf dunklem Grunde erscheinen. In diesem Zustande (positive Bilder auf dunklem Gesichtsfeld) wird sich jede Aenderung der Farbe der Drähte deutlich präsentiren. Bei Benützung der gewöhnlichen mikroskopischen Beleuchtung werden die Drähte als schwarze dicke Striche auf hellem Grunde erscheinen und jeden Dickenzuwachs unter Zuhilfenahme irgend eines verlässlichen Mikrometers leicht erkennen und messen lassen.

Wir werden im Nachfolgenden sehen, dass wir von beiden Beleuchtungsarten Gebrauch machen werden.

Wenden wir stärkere Objective an, so wird das Gesichtsfeld schliesslich so klein werden, dass wir nur mehr den mittleren Draht (*c d* in Fig. 216) sehen, die beiden je 1 *mm* vom mittleren Drahte entfernt parallel verlaufenden dickeren Drähte *a b* und *c d* werden ausserhalb des Gesichtsfeldes zu liegen kommen. Verfasser traf nun eben die vorstehend beschriebene symmetrische Anordnung der Elektroden, bei welcher die eine Elektrode *c d* von der aus den Drähten *a b* und *e f* bestehenden anderen Elektrode sozusagen umgeben ist (da ja *c d* $^1/_2$ so viel Durchmesser hat, wie *a b* und *c d*), um zu erzielen, dass für die meisten Fälle die Beobachtung der mittleren, auch bei den stärkeren Vergrösserungen im Gesichtsfelde verbleibenden Elektrode von 0·1 *mm* Durchmesser genüge und dass bei der später zu besprechenden elektrolytischen Ablagerung von Metallen dieser Niederschlag auf dem dann als Kathode benützten mittleren Drahte ebenfalls möglichst symmetrisch, das heisst in Form eines Cylindermantels erfolge, ein Umstand, dem der Verfasser aus später zu erörternden Gründen Werth beilegt.

Wir haben nun den Apparat beschrieben und wollen zur Anwendung desselben übergehen.

Diese Anwendung des Apparates ist eine doppelte: I. Zur qualitativen Elektrolyse und II. zur quantitativen elektrolytischen Untersuchung.

I. Qualitative Elektrolyse.

Bezüglich der qualitativen Elektrolyse ist zu bemerken, dass selbe, wie die Untersuchungen Cresti's, Hittorf's, Fischer's und Anderer lehren, sich insbesondere für Metallauffindung eignet, und hatte Verfasser auch hauptsächlich die Untersuchung auf Kupfer, Blei, Zink u. dergl. im Sinne, wenn nur kleine Mengen der zu untersuchenden Flüssigkeit zur Verfügung stehen. Es lässt sich z. B. auf diese Art bei von der sogenannten Kupfer- oder Bronzekrankheit befallenen Arbeitern leicht durch Entnahme eines Tropfen Blutes, dessen Kupfer durch Zusatz von Schwefelsäure mittelst Glascapillarrohres, welches ein Quantum Schwefelsäure fasst, das im Tropfen ungefähr 15mal enthalten ist, in schwefelsaures Kupfer übergeführt wurde, genanntes Metall als rother Ueberzug auf dem mittleren Platindrahte nachweisen, wenn man den auf gedachte Art mit Schwefelsäure versetzten Blutstropfen in den

[1]) Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. IX, S. 496.

erzielt wird), den zu untersuchenden Tropfen aus dem Capillarrohr wieder ausbläst, mit Kalilauge alkalisch macht und dann weiter elektrolysirt.

II. Quantitative elektrolytische Untersuchung (Schätzung).

Es würde hier, wo es sich ja hauptsächlich um die Beschreibung eines Apparates handelt, nicht am Platze sein, alle elektrolytischen Methoden anzugeben, welche der Apparat auszuführen gestattet. Verfasser muss vielmehr auf die vorcitirten Werke verweisen, aus welchen er neue Anwendungsarten seines Apparates schöpfte, namentlich auf Dr. A. Classen's „Quantitative Analyse durch Elektrolyse", Berlin, Jul. Springer, 1892.

Unter dem Mikroskope ist die quantitative Elektrolyse mit gewissen Umständlichkeiten verbunden, welche es fraglich erscheinen lassen, ob dieselbe gegenüber den sonstigen massanalytischen Methoden Vorzüge bezüglich der Expeditivität aufweist. Man bedarf zur Ausführung derselben eines womöglich mit beweglichem Objecttische und genauem Mikrometer ausgestatteten sehr stabilen Mikroskopes und unter Umständen eines genauen Stromstärkemessers, welcher Zehntel, ja Hundertstel eines Ampère (Deci- und Centiampères) zu messen gestattet, eines Rheostaten und einer schwachen, aber constanten Batterie.[1])

Verfasser schränkt also gleich die Anwendbarkeit seines Apparates auf quantitative Schätzungen jener Metalle ein, welche leicht regulinisch zu fällen sind, wie namentlich Kupfer, Silber u. s. w.

Es lag sehr nahe zu sagen: Man kennt die Menge Kupfer, Silber etc., welche ein Strom von 1 Ampère in einer Stunde an der Kathode niederschlägt. Ich beobachte nun mittelst des Mikroskopes den mittleren Draht als Kathode, bis kein Dickenzuwachs mehr erfolgt, messe den Strom und die Zeit, die zur vollständigen Ausfällung des Metalles verbraucht wurden, und berechne daraus die Niederschlagsmenge. Diese mathematische, auf das Faraday'sche Gesetz der elektrochemischen Aequivalente gestützte Erwägung scheitert ausser an den vielfachen Fehlerquellen (Stromstärkeschwankung, Fehler beim Messen des Stromes, beim Messen der Zeit, beim Bestimmen des Zeitpunktes der beendeten Fällung) hauptsächlich daran, dass, wie Hans Jahn (Die Elektrolyse l. c.) nachwies, die Ueberführung von Kupfer in sehr verdünnten Lösungen schneller vor sich geht als in concentrirten. Die Angabe, dass also z. B. ein Strom von 1 Ampère in der Minute 19·86 *mg* Kupfer an der Kathode fällt, gilt nur für eine concentrirte Lösung von Kupfervitriol, wie selbe zu derlei Messungen angewendet wird, und richtig ist dann blos der Satz, dass ein Strom, welcher in einer Minute aus concentrirter Kupfersulfatlösung 19·86 *mg* Kupfer abscheidet, die Stromstärke von 1 Ampère hat.

Verfasser musste also von anderen Erwägungen ausgehen. Dieselben gipfeln in Folgendem:

Bringt man den Apparat mit einer Kupferlösung beschickt auf den Objecttisch eines Mikroskopes und ist der Draht, der als Kathode dient, wie bei der Beschreibung des Apparates angegeben wurde, wirklich 0·1 *mm* dick, so wird, falls eine Zeitlang ein Strom durchgeleitet wird, der Draht durch den Niederschlag verdickt erscheinen, und diese Verdickung lässt sich, falls ein Ocularmikrometer im Mikroskope sich befindet, besonders dann gut messen, wenn eine am oder im Objecttisch angebrachte Schraubenvorrichtung eine sanfte Verschiebung des elektrischen Objectträgers gestattet, mittelst welcher die Einstellung der Contour des Drahtes zu den Theilstrichen des Mikrometers besser gelingt, als mit freier Hand.

[1]) Vier Meidinger-, Callaud- oder dergl. Kupfersulfatelemente.

Verfasser hat nun versucht, aus dieser Verdickung auf die Menge des abgeschiedenen Metalles zu schliessen. Betrachten wir Fig. 217. Sie stellt das in Fig. 216 als c—d bezeichnete freiliegende cylindrische Stück des mittleren, hier als Kathode dienenden Platindrahtes, welcher 0·1 *mm* dick und 5 *mm* lang ist, vergrössert vor. o—o_1 ist die Axe dieses Cylinders, r dessen Radius und d der halbe Dickenzuwachs. Der Zuwachs als Volumen multiplicirt mit dem specifischen Gewichte des betreffenden Metalles, welches am Drahte regulinisch niedergeschlagen diesen Zuwachs bewirkt hat, ergibt die Gewichtsmenge des aus dem Tropfen niedergeschlagenen Metalles.

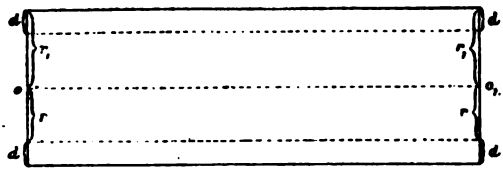


Fig. 217.

Nennen wir dieses Volumen v_x, so finden wir

$$v_x = h\pi(2rd + d^2).$$

Es sei nämlich v das Volumen des Platindrahtes ohne Niederschlag und v_1 das Volumen desselben mit Niederschlag, so folgt aus Fig. 217:

$$v = r^2\pi oo_1,$$

wenn wir für oo_1 h setzen:

$$v = r^2\pi h; \quad v_1 = r_1^2\pi h; \quad r_1 = r + d;$$

$$v_x = v_1 - v = r^2\pi h - r_1^2\pi h = r^2\pi h - (r^2 + 2rd + d^2)\pi h =$$
$$= \pi h(2rd + d^2).$$

Ist s das specifische und p das gesuchte Gewicht des aus dem Tropfen niedergeschlagenen Metalles, so ergibt sich: $p = v_x s = sh\pi(2rd + d^2)$. Unbekannt ist d und dieses wird durch die Messung gefunden, indem man den Dickenzuwachs ($2d$) misst, nachdem er grösser zu werden aufgehört hat. Die specifischen Gewichte von Metallen, welche sich aus Lösungen regulinisch niederschlagen, sind annähernd genau bestimmbar, wenn man mittelst Rheostaten und Ampèrometer, die man in den Stromkreis einschaltet, die Stromstärke einer aus constanten Elementen bestehenden, etwa drei- bis sechsgliedrigen galvanischen Batterie so lange regulirt, bis eine eigens zubereitete, sehr verdünnte Metallösung, die man in den Apparat gebracht hat, vollkommen regulinischen, bei Kupfer z. B. an der glänzend rothen Farbe kenntlichen Niederschlag ergibt. Mit derselben Stromstärke elektrolysirt man dann in einem grossen elektrolytischen Apparate, der z. B. aus zwei Kupferstreifen bestehen kann, eine gleich verdünnte Lösung in grösserem Quantum und untersucht das specifische Gewicht des niedergeschlagenen Kupfers mittelst Picnometers und analytischer Waage. Man kann dann, ohne sehr fehlzugreifen, das gefundene specifische Gewicht auch Berechnungen bei anderen mikroskopischen Elektrolysen desselben Metalles zu Grunde legen, wenn man wieder dieselbe mittelst Rheostaten und Ampèrometer zu regulirende Stromstärke (möglichst gering bei Kupfer!) anwendet, mag auch die Lösung, die zu untersuchen ist, weit verdünnter sein. Verfasser fand so das specifische Gewicht des galvanisch gefällten regulinischen Kupfers zwischen 8·5 und 8·7 (gegen 8·95 des gehämmerten Cu!) und hat nach obiger Formel gefunden, dass, wenn $h = 5$ *mm*, $r = 0{\cdot}05$ *mm* und $s = 8{\cdot}5$ ist, bei einem gewiss leicht messbaren gesammten Dickenzuwachse ($2d$) von 0·002 *mm*, also 1 μ (Mikron = $^1/_{1000}$ *mm*) einerseits, was ja d in Fig. 217 und in obiger Formel entspricht, $p = 0{\cdot}08585$ *mgr* ist; im Tropfen waren also 0·08585 *mgr* Kupfer enthalten gewesen, wenn der Draht bis zum Ende der Dickenzunahme um 0·002 *mm* beiderseits, also 1 μ einerseits zunahm. Da ein solcher Tropfen $^1/_{15}$ eines Kubikcentimeters ist,

so waren in einem Kubikcentimeter 0·08585 × 15 = 1·28775 *mgr* Kupfer vorhanden, also circa 1‰ oder 0·1%. Erwägt man, dass mit den modernen Mikrometern ein Zuwachs von 0·5 μ und weniger noch wahrgenommen werden kann, so kann man sagen, dass nach dieser Methode noch ziemlich geringfügige Mengen Metalle quantitativ geschätzt werden können, auch wenn die zu untersuchende Flüssigkeitsmenge sehr gering ist, z. B. ein Tropfen Blut, der Fingerkuppe entnommen bei metallischen Blutvergiftungen.

Die Galvanoplastiker haben uns zur Erzielung regulinischer Niederschläge eine Menge Zusätze zu den Elektrolyten anwenden gelehrt, so bei Silber den Zusatz von Cyankalium, bei Kupfer die vorerwähnten Zusätze von Schwefel- oder Salpetersäure (5 bis 7%), ferner Weinsäure, Ammoniak u. s. w., welche, mittelst calibrirten Capillarrohres gemessen, verwendet wurden.

Verfasser kann aber nicht umhin, die Bedeutung seines Apparates für den Praktiker nicht so sehr darin zu sehen, dass sich damit quantitative Schätzungen ausführen lassen, als vielmehr in der Ermöglichung rascher qualitativer Metallauffindungen in sehr verdünnten und in sehr geringer Menge zur Verfügung stehenden Lösungen ohne andere Vorrichtungen als den elektrolytischen Objectträger, irgend ein modernes Mikroskop und zwei Elemente, wobei bemerkt wird, dass für qualitative Untersuchungen auch kleine Chromsäureelemente anwendbar sind, falls man die Zinke gut amalgamirt, die Kohlenpole vom Zink der besseren Depolarisation wegen recht weit abstehen, die Zinkfläche an Oberflächeninhalt überwiegen und die Batterie weitab vom Mikroskope, dem ihre Dämpfe schaden könnten, aufgestellt wird.[1]) Bemerkt wird, dass sich der in derlei Arbeiten halbwegs geübte Praktiker den beschriebenen Apparat, allenfalls mit Hilfe eines Glasschleifers, leicht herstellen kann. Uebrigens kann diese Vorrichtung ausser von Hermann Dümmler, Wien, IX. Schwarzspanierstrasse 4, und von Lenoir und Forster, Wien, IV. Waaggasse 5 (unter Berufung auf die citirte Abhandlung in den Sitzungsberichten der Wiener kaiserl. Akademie der Wissenschaften), zu mässigem Preise (circa 10 *K* ohne elektrisches Zugehör) auch von der Handlung mikroskopischer Utensilien R. Siebert, Wien, IX. Garnisonsgasse 9, bezogen werden und die hiezu gehörigen Batterien, Rheostaten und Ampèrometer von Reiniger, Gebbert & Schall, Wien, IX. Universitätsstrasse 12.[2])

Ein completer mikroelektrolytischer Apparat wurde vom Verfasser in der 18. Gruppe der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wien vor einem Auditorium von Chemikern und Mikroskopikern demonstrirt (September 1894).

Die Injection.[3])

Um Adern und andere organische Gefässe bezüglich ihres Ursprunges, Verlaufes und ihrer Verbreitung besser sichtbar zu machen, bedient man sich sowohl in der makroskopischen als in der mikroskopischen Anatomie der Einspritzung gefärbter Flüssigkeiten (Injection).

---

[1]) Die neueren galvanischen Elemente von J. Hahn, Wien, VI. Hofmühlgasse 3, „Meteor-Elemente" genannt, hauchen keine schädlichen Dämpfe aus und haben sich bei meinen Versuchen sehr gut bewährt.

[2]) Vollständige Instrumentarien für mikroskopische Elektrolyse besorgt das Institut für Präcisions-Optik und Mechanik von Erwin Kosak in Wien, IX. Universitätsstrasse Nr. 12, woselbst man auch für solche Arbeiten geeignete Mikroskope aller Firmen des Continents kaufen kann.

[3]) Aus technischen Rücksichten ist es nicht möglich gewesen, die übrigens überflüssige Eintheilung des Stoffes in Paragraphen über das dritte Heft hinaus durchzuführen, was der Leser gütigst entschuldigen wolle.

Da dieser Leitfaden für praktische Berufe bestimmt ist, die mikroskopische Injectionstechnik aber mehr für den theoretischen Forscher und Lehrer in Betracht kommt, so übergehe ich diesen Zweig mikroskopischer Technik und verweise auf die prägnante Darstellung im „Leitfaden bei der mikroskopischen Untersuchung thierischer Gewebe“ von Prof. Sigmund Exner in Wien (Leipzig, Wilhelm Engelmann's Verlag, 1878, S. 54 ff.), ferner auf das oft citirte Buch Prof. Dr. Heinrich Frey's „Das Mikroskop und die mikroskopische Technik“ (ebenfalls in Engelmann's Verlag erschienen), auf Stein's „Das Licht im Dienste der wissenschaftlichen Forschung“ (2. Aufl., Halle 1888) und schliesslich auf Dr. A. Zimmermann's „Das Mikroskop. Ein Leitfaden der wissenschaftlichen Mikroskopie“ (Leipzig und Wien bei Franz Deuticke, 1895, S. 261 ff.) u. A. m. In Dr. Ludwig von Thanhoffer's „Das Mikroskop und seine Anwendung“ (Stuttgart bei Enke, 1880) findet man auch das Wissenswertheste über die sogenannte „physiologische Selbstinjection“ lebender Thiere.

In der botanischen Mikroskopie versteht man unter Injection die von Prof. Schacht bei seinen Untersuchungen über die Tüpfel im Nadelholze zuerst benützte Imbibition der Hohlräume der Pflanzengewebe mit geschmolzenem und gefärbtem Stearin oder mit ähnlich tingirten Gelatinemassen, welche mit Hilfe einer kleinen Spritze oder (nach Schacht) mittelst einer kleinen Handluftpumpe ausgeführt wird. Auch diese Methode dient wohl blos theoretischen Untersuchungen. Das Wichtigste darüber findet sich in Dippel's „Das Mikroskop und seine Anwendung“, I. Theil, 2. Aufl., 1882.

Das lebende Objeot.

Zum Studium organisirter Naturkörper ist es durchaus nicht genügend, dieselben blos im präparirten (todten) Zustande unter dem Mikroskope zu beobachten, so sehr auch, wie wir bereits gesehen haben, die Präparation, also z. B. die Färbung, einen tieferen Einblick in deren Structur zu verschaffen vermag, vielmehr wird es sich empfehlen, die Lebenserscheinungen mancher derselben zu verfolgen und damit der Erkenntniss ihres Seins näher zu treten, indem ja dieses Sein nichts Anderes ist, als fortwährendes Werden.

Um diese Beobachtung lebender Objecte zu ermöglichen, musste die mikroskopische Technik darauf bedacht sein, Behelfe zu ersinnen, welche dem lebenden Organismus auch auf dem Tische des Mikroskopes einerseits womöglich jene Bedingungen schaffen und durch die Zeit, während welcher die Beobachtung dauert, erhalten, wie ihm solche gemeiniglich zu seinem Fortbestande nothwendig sind, andererseits gestatten, denselben experimentellen Eingriffen zu unterziehen (z. B. ihn zu elektrisiren). Eine ausführliche Darstellung aller für diese Zwecke ersonnenen Methoden und Apparate würde ein Buch für sich allein ausmachen und ist Sache eines biologischen Specialwerkes: die wichtigsten Kunstgriffe jedoch müssen auch in diesem Leitfaden, welcher nicht für den Forscher und Lehrer, sondern für den Praktiker bestimmt ist, angeführt werden, weil auch dem Praktiker bei mikroskopischen Untersuchungen Objecte unterkommen können, über deren Wesen und Bedeutung die Beobachtung im lebenden Zustande bisweilen schneller Aufschluss zu geben vermag als selbst eine umständliche Präparation. Wir brauchen hier gar nicht erst an die Trichinen- und Bakterienschau, welch letztere ohne Züchtung und Lebendbeobachtung gerade den Praktiker in Hinblick auf seine Zwecke im Stiche lassen würde, zu denken; ein ganz einfacher praktischer Fall ist der, dass bei Untersuchung eines Wassers auf seine Trinkbarkeit lebende Thiere in demselben erscheinen. Manche solcher Thierchen (Infusorien) können zufällig auch in sonst gutem Brunnenwasser,

weil er erstens überall leicht zu haben ist und weil zweitens seine Behandlung wegen der Behendigkeit, die ihm eigen ist, nicht zu leicht fällt, also eine gute Uebung und Geduldprobe bildet.

Früher hatte man für derlei Fälle mehr weniger complicirte Vorrichtungen im Gebrauch, wie solche noch heute grösseren englischen Mikroskopen beigegeben zu werden pflegen und welche im Wesentlichen aus einer kleinen flachen, unten offenen Messingbüchse mit einem doppelten Glasdeckel bestehen, wobei sich der eine Deckel dem anderen mittelst eines feingeschnittenen Schraubengewindes nähern oder von ihm entfernen lässt.

Bringt man nun ein kleines Thierchen, z. B. einen Floh, mittelst einer Pincette (federndes Zängelchen mit feinen Spitzen) zwischen beide Glasdeckel und schraubt selbe zusammen, so ist es klar, dass man das Thierchen durch sanften Druck festzuhalten und so sammt der Büchse über die Oeffnung des Mikroskoptisches zu bringen und längere Zeit lebend zu beobachten vermag, wobei der sanft regulirbare Druck dazu beiträgt, den Körper des Thierchens mehr in eine Ebene zu bringen, und es ermöglicht, bei recht kräftiger Durchleuchtung (alle Blenden entfernen, Hohlspiegel einstellen) in dem Thierchen nicht nur die Pulsation des statt eines Herzens fungirenden Rückengefässes wahrzunehmen, sondern auch die wurmförmige Bewegung des Darmes, die Verdauung, ja sogar den Umlauf der die Stelle des Blutes der Vertebraten vertretenden Ernährungssäfte längere Zeit zu beobachten.

Obgleich, wie wir gleich weiter unten sehen werden, durch ganz einfache Kunstgriffe und Vorrichtungen derlei Beobachtungen auch ohne Thierbüchsen unter den modernen Mikroskopen sich anstellen lassen, so können wir nicht umhin, zu bemerken, dass diese Thierbüchsen im Wesentlichen ein auch zu anderen Zwecken dienliches Hilfsinstrument des Mikroskopikers, ein sogenanntes Compressorium darstellen, d. i. einen Apparat, welcher es ermöglicht, auf mikroskopische Objecte einen regulirbaren Druck, eventuell auch während der Beobachtung, auszuüben. Solche Compressorien sind auch heute noch, wenn auch nicht gerade zum Festhalten lebender Thierchen, so doch anderweitig, wie wir später sehen werden, bei der mikroskopischen Fleischbeschau, ferner in der Histologie der Pflanzen behufs Abflachung zu beobachtender frischer Pflanzentheile, behufs Veranlassung der Berstung von mit zur Untersuchung bestimmtem Zellinhalte gefüllten grösseren Zellen u. dergl. im Gebrauche (wenn sie sich auch vielfach durch einfachere Hilfsmittel, etwa Drücken mittelst eines Skalpellstieles auf das an den beiden seitlichen Kanten mit je einer haardünnen Rolle Terpentinwachs oder dergl. unterlegte Deckglas ersetzen lassen), und wir wollen deshalb eines der Compressorien, nämlich das von Schacht erfundene, von F. E. Schulze verbesserte Hebelcompressorium betrachten.

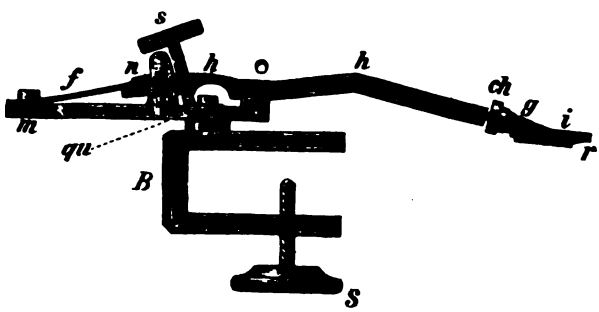


Fig. 219.

Fig. 219 veranschaulicht das Schacht-Schulze-sche Compressorium in $^2/_3$ natürlicher Grösse. *B* ist ein Messingbügel, mittelst welchen das Ganze seitlich an den Objecttisch eines Mikroskopes, zu dem das Instrument eigens angepasst werden muss, mit der Schraube *S* angeschraubt wird. Auf diesem Bügel ist das Hebeluntergestell *m* um den Drehpunkt *qu* in horizontaler Ebene mit leichter Reibung drehbar befestigt. In

dem Lager *o* des Hebelgestelles dreht sich der Hebel *h* in verticaler Ebene. An dem einen Ende des Hebels ist eine Nase *n* eingefeilt, an welcher die Feder *f* eingreift und dabei die Tendenz hat, *n* niederzudrücken, während die durch ein in den Hebel gebohrtes, mit Schraubenwindungen nach Art der Mikrometerschrauben versehenes Loch gehende Schraube *s* dem Druck der Feder *f* entweder nachgibt oder entgegenwirkt, je nachdem sie aus dem Loche des Hebels *h* herausgeschraubt oder tiefer hineingeschraubt wird, in welch letzterem Falle sich die kegelförmige Spitze der Schraube *s* gegen die Bodenplatte des Hebelgestelles *m* stemmt und so den Hebelarm *h* herabdrückt. Dieser Druck kommt nun auf dem Objecttische des Mikroskopes auf folgende Art zur Wirkung: In den Hebel *h* ist mittelst eines eigenthümlich construirten Zapfens bei *ch* eine halbringförmige Gabel *g* in einer auf die Ringebene senkrechten Ebene drehbar eingelassen; in dieser Gabel hängt der Ring *r* derart, dass er bei *i* zwischen den Spitzen zweier Schrauben schwebt und sich in der Ringebene der Gabel *g* leicht dreht, jedoch womöglich derart ausbalancirt ist, dass die Ebene des Ringes die Tendenz hat, sich stets horizontal, also mit der Fläche des Objecttisches parallel zu stellen (stabiles Gleichgewicht wie bei einem Waagebalken).

Bringt man nun unter den Ring *r*, welcher über die Oeffnung des Objecttisches zu liegen kommt, einen Objectträger mit dem Object, welches comprimirt werden soll, und darüber ein grosses Deckglas und schraubt nun die Schraube *s* tiefer, so wird der Hebelarm *n* zwischen den Führungen *p* sich heben, der Hebelarm *h* dagegen mit der Gabel *g* sich senken und gegen das Deckglas gepresst werden, wodurch das Object zwischen Deckglas und Objectträger einem variablen, durch die Schraube *s* regulirbaren Druck ausgesetzt wird.

Um nun dieses Schacht-Schulze'sche Compressorium zur Beobachtung eines lebenden Thierchens anwenden zu können, ist es gut, anstatt des offenen Ringes *r* einen solchen zu benützen, auf welchem unten ein grosses, rundes Deckglas von 0·2—0·3 *mm* Dicke aufgekittet ist, indem dann beim Lüften der Schraube *s* die Feder *f* den Ring *r* sammt dem Deckglas hebt und den Druck exacter mildert, als wenn ein freiliegendes Deckglas und ein offener Ring im Compressorium zur Anwendung kommen. Wenn man nun einen lebendigen Floh mittelst dieses Compressoriums beobachten will, erfasst man ihn vorsichtig mit der Pincette, eventuell mit Hilfe einer Loupe an einem der Sprungfüsse (am Oberschenkel, weil sonst der Fuss ausreisst) und bringt ihn in ein Gefäss mit destillirtem Wasser, worin man ihn untertaucht und dann loslässt; er wird dann an der Oberfläche schwimmen. Nun befestigt man einen Objectträger mit den Objectklammern auf dem Objecttische und schraubt[1]) das Compressorium links, seitlich an, regulirt die Schraube *s* so lange, bis der Ring *r* blos 3 *mm* vom Objectträger entfernt ist, und bringt den Floh mit der Pincette rasch über die Tischöffnung des Objectträgers, wobei ein winziges Tröpfchen Aq. dest. mit übertragen wird, welches eben den Floh hindert, sogleich wegzuspringen. Nun wird das Compressorium rasch niedergeschraubt, bis das Wassertröpfchen, welches mit dem Floh übertragen wurde, sich rings um den Floh abflacht. Es wird nun das Wasser bald verdunsten und dennoch der Floh festgehalten. Den Druck herauszufinden, welcher die Beobachtung ermöglicht — ohne den Floh zu tödten — ist Sache der Uebung. Beobachtet wird mit schwachen Ocularen (1 oder 2) und schwächeren Systemen, z. B. Reichert's, Merker's oder Ebeling's 3 oder 4; nimmt

[1]) In Folge der Nothwendigkeit des Anschraubens passt ein solches Compressorium nicht für jedes Mikroskop. Ich liess deshalb die Drehung *qu* (Fig. 219) auf einer durchbohrten Messingplatte anbringen und erhielt so ein Compressorium, welches auf jedem Objecttisch moderner Mikroskope Platz findet. Der Objectträger kommt auf die Messingplatte.

Schädler macht, dass die Glasplatten in der Mitte sich biegen und die daselbst liegenden Präparate nicht genügend gedrückt werden, ist bei Verwendung so dicker, bei Vergrösserungen von 30—80mal, ja noch höheren, ganz gut verwendbarer Spiegelglasplatten hinfällig.

Ist der Tisch des Mikroskopes klein, so muss dasselbe, um nicht durch den Schatten des Compressoriums das Licht zu verlieren, zum Umlegen eingerichtet sein. Penkert erklärt das Einritzen von Linien in den Objectträger für unpraktisch, da diese Ritze sich mit allerlei Fleischfasern füllen und schwer reinigen lassen. Er zieht es vor, unter den Objectträger beim Auflegen der Fleischpräparate ein getheiltes Papierviereck zu legen und dieses sozusagen als Schablone zu benützen. Dies hat auch den Vortheil, dass man Schablonen mit verschiedener Theilung benützen kann. Da das Compressorium beim Durchmustern der Präparate, welches in Zickzacklinien entsprechend dem Gesichtsfelde, das man auf einmal übersieht, geschieht, auf dem Objecttische in einemfort verschoben wird, so wird schliesslich die Unterfläche des Objectträgers verkratzt. Dies kann man durch Aufkleben zweier Lederstreifen (mit „Syndetikon") auf die Unterfläche von *o—o* verhüten, oder indem man sich eines in Messingrahmen gefassten Objectträgers bedient, wie Messter in Berlin solche zur Trichinenschau anfertigt.

Aus Würsten entnimmt man nur weissliche oder hellrothgraue Fleischpartikeln, da nur das derart gefärbte Schweinefleisch, nicht auch das dunklere Rindfleisch Trichinen enthalten kann. Bei Schinken entnimmt man beim Knochen drei Proben, die in 18—36 Präparate zerschnitten werden. Ist das Selchfleisch trocken, so muss es in Essigsäure erweicht werden, wobei auch eine Aufhellung eintritt und die Kalksalze der Trichinenkapseln gelöst werden. Kalilauge empfehle ich nicht, da sie die Gläser des Compressoriums angreift und bald trübt. Glycerin muss sehr verdünnt sein (1 Glycerin, 3 Wasser), um nicht allzusehr aufzuhellen, was bei so schwachen Vergrösserungen die Structuren verwischt und die Contouren undeutlich macht. Fett kann durch Benzin oder Aether sulf. entfernt werden. Hat man die Präparate im Compressorium gequetscht, so wird dasselbe auf dem Objecttische aufgelegt, scharf auf das erste Feld eingestellt und nun planmässig in Zickzacklinien vom ersten bis zum letzten Felde am Objectiv vorübergeführt, damit ja keine Stelle dem Auge des Beobachters entgeht. Nach F. W. Rüffert erleichtert es das Durchmustern sehr, wenn man sich auf der Unterseite des Deckglases feine Linien einritzt (mit einem Schreibdiamanten geht es nicht gar schwer), welche soweit auseinander liegen, wie die diametral entgegengesetzten Punkte des Gesichtsfeldkreises. Bei 30facher Vergrösserung kann das Gesichtsfeld z. B. ungefähr 3·33 *mm* wirklichen Durchmesser haben, man ritzt dann die Linien 3 *mm* von einander ein, und zwar entweder längs der Langseite oder parallel der Breitseite des Compressoriums. Diese Linien sieht man mit dem Präparate gleichzeitig im Gesichtsfelde und sie dienen als Leitlinien bei der Zickzackbewegung des Compressoriums.

Auf alle Arten von Compressorienschrauben und Klammern hier einzugehen glaube ich nicht nothwendig zu haben, da im Uebrigen wie beim Schädler'schen Compressorium zu verfahren ist.

Anders liegt die Sache hinsichtlich derjenigen Compressorien, die mit dem Mikroskope verbunden sind. Eines der ältesten ist dasjenige nach Dr. Hermann Hager, welches jetzt Optiker Messter in Berlin-Westend zu sehr mässigem Preise offerirt. Die Fig. 226 zeigt deutlich das Instrument, welches eine für so schwache Vergrösserungen, wie sie die rationelle Trichinenschau anzuwenden pflegt, hinlänglich präcise Einstellung durch eine Mikrometerschraube an der Tubushülse hat. Ich lasse den verstorbenen Nestor

auf zwei Spiegelglasplatten, die hier viel dünner sein könnten, weil der Druck nur die Mitte trifft. Der Objectträger (die untere Platte) ist getheilt, wie üblich, und zwar in 4 × 8 = 32 Felder. Die Glasplatten sind auf einem beweglichen Objecttische befestigt, der sich mit einem einzigen Griffe durch die Schrauben *L* und *K* in zwei aufeinander senkrechten Ebenen bewegen lässt. Messter gibt folgende Gebrauchsanweisung:

„Das Mikroskop wird so auf den Tisch gestellt, dass das zu benützende Licht (Tages- oder Lampenlicht) in dem Spiegel *A* reflectirt werden kann, und zwar benützt man bei greller Beleuchtung den Plan- und bei schwachem Licht den Hohlspiegel. Von der unter dem Objecttische befindlichen drehbaren runden Blendscheibe wird eine entsprechende Blendenöffnung ausgewählt. Hebt man nun durch einen Druck auf den Hebel *G* das Compressorium *H* in die Höhe und stellt es mittelst des unter dem Hebel befindlichen drehbaren Sperrhakens fest, so ist der Druck, den das Compressorium sonst auf die Glasplatten ausübt, aufgehoben und diese können zur Aufnahme des zu untersuchenden Fleisches bequem vom Objecttische entfernt werden, was am zweckmässigsten geschieht, indem man den Metallschlitten, auf welchem die Glasplatten J^1 und J^2 ruhen, durch Drehen der Tischschraube *L* nach einer Seite ganz herausschraubt. Nachdem zwischen beide Glasplatten das zu untersuchende Fleisch geeignet angeordnet ist, wird mittelst der Mutterschraube *K* und der Triebschraube *L* die äussere Ecke des Feldes 1 in den Gesichtskreis gebracht und das Compressorium wieder heruntergelassen, so dass die Glasplatten zusammengepresst werden. Die schwache Vergrösserung (Ocular *C* mit Objectiv *D* = 50malige Linearvergrösserung) dient zum Absuchen der Objecte. Durch Rechtsdrehen der Triebschraube *L* gelangt man nun beobachtend bis zu Feld 8, bewegt durch eine Umdrehung der Mutterschraube *K* nach rechts die Compressorplatten um eine Gesichtsfeldbreite nach vorn und lässt nun durch Linksdrehen der Triebschraube *L* die Objecte weiter das Gesichtsfeld passiren, bis man zum letzten Feld angekommen ist. Erscheint nun bei diesem höchst einfachen und bequemen Durchsuchen dem Beobachtenden etwas Verdächtiges im Gesichtsfelde, so wird das schärfere Objectiv *E* (300malige Linearvergrösserung) eingeschaltet, indem man den beide Objective tragenden Revolver *F* einfach umdreht. Hat man die verdächtige Stelle mit der scharfen Vergrösserung geprüft, so schaltet man wieder die schwache ein und untersucht weiter. Da die Objective an dem Revolver genau justirt sind, so genügt eine einmalige Einstellung mittelst der Mikrometerschraube.

Bei diesem systematischen Durchsuchen der Präparate ist das Uebersehen auch nur einer Trichine gänzlich ausgeschlossen und kann auch der nicht geübte Fleischbeschauer mit diesem Instrumente die Fleischschau gewissenhaft ausüben."

Auf anderen Principien beruht das weniger complicirte „Revolvertrichinoskop" von Wächter, welches auch Schieck in Berlin und neuerdings Eberling in Wien fertigen.

Schon im Jahre 1878 hat der k. k. Bezirksthierarzt Alois Koch in Wien ein Trichinenobjectrad, also ein Compressorium in runder Form, construiren lassen.

Fig. 228 zeigt dieses „Objectrad", und zwar *a* von oben gesehen, *b* am Mikroskoptische angebracht, *c* zeigt die Schraubenvorrichtung, welche die Spiegelglasplatten central comprimirt. Koch's Objectrad hat eine Theilung in 30 Feldern, welche numerirt sind, und kann man, wenn man bei 1 zu drehen anfangt, kein Feld übersehen. Leider müssten die Felder, damit man,

stimmte Harpune soll sehr lang sein, damit man auch aus der Mitte von Untersuchungsobjecten Proben „herausstechen“ kann. Die Proben kommen dann in das Compressorium. Um zu sehen, ob die etwa gefundenen Würmchen lebensfähig sind, bringt man das Compressorium sammt den daran befindlichen Fleischproben auf einige Zeit in warmes Wasser (circa 40° C.). Nimmt man das Compressorium nach etwa 5–10 Minuten aus dem Wasser, wischt es rasch ab und untersucht unter dem Mikroskope, so werden lebensfähige Trichinen sofort durch ihre eigenthümlichen Bewegungen, abwechselnde Streckungen und Zusammenziehungen auffallen. Es können zufällig andere Kleinwürmer (Nematoden), wie z. B. Essig- oder Kleisterälchen, in das Präparat kommen, was besonders bezüglich der ersteren leicht geschehen kann, wenn die Fleischbeschauer zur Aufhellung des Präparates anstatt Essigsäure gewöhnlichen Tafelessig verwenden. Im besten Tafelessig kommen nämlich zuweilen, wenn er lange offen oder mangelhaft verschlossen gestanden hat, kleine Würmchen, die sogenannten Essigälchen (Anguillula aceti) vor, welche aber schon im kalten Zustande lebhafte Bewegungen zeigen und dadurch von den Trichinen sofort zu unterscheiden sind. Auch wenn etwa irgend ein Wurstsalat (Wurst in Essig und Oel) als trichinenverdächtig zur Untersuchung vorliegt, können mit dem Speiseessig Essigälchen auf das Fleisch kommen. Die Trichinen liegen aber stets innerhalb der Musculatur, die Essigälchen natürlich nur auf oder neben den Muskeln. Freilich ist dies besonders für den Anfänger nicht gar so einfach zu unterscheiden, wenn man bedenkt, dass die Compressorien behufs genauer Durchmusterung von Fleischproben so stark zusammengezogen werden müssen, dass man, wenn man das Compressorium etwa auf ein Zeitungsblatt legt, den Druck durch die zusammengepressten Proben hindurch lesen kann! Es können da nämlich die Essigälchen in die Fleischproben förmlich hineingepresst werden und sind dann meist auch todt, so dass sie sich nicht bewegen.

Mit Trichinenkapseln können aber auch vom Fleischbeschauer die Miescher'schen oder Rainey'schen Körperchen (Psorospermienschläuche) verwechselt werden, die Dr. Kühn für Schleimpilze hielt, welche jedoch nach neuerer Ansicht Protozoen (Sarcosporidien), also Verwandte der Malariacoccidien und der Hühnergregarinen sind, ohne dass man jedoch schädliche Wirkungen ihrer Sichelkeime, die ausgedrückt und als Deckglastrockenpräparat gefärbt und stark vergrossert sich, wie Fig. 232 (nach Kitt) zeigt, darstellen, also von einem Fachmikroskopiker von den Trichinen leicht unterschieden werden dürften, sicher nachzuweisen im Stande war. Dem Praktiker dagegen werden auch die sogenannten „Pseudotrichinen“, das sind verschiedene Rundwürmer, die im Fleische der Hechte, Maulwürfe, Katzen u. s. w. leben, kein Kopfzerbrechen machen, weil sie im Schweinefleische nicht vorkommen. Wir können sie also hier übergehen. Auch auf die Gnammenablagerungen, die Actinomycespilzwucherungen, die Tuberkeln u. dergl., die dem Trichinenschauer im Fleische unterkommen, kann hier nicht eingegangen werden. Nur weil die Trichinenschau eine eigene Technik gezeitigt hat, mit raffinirten Hilfsmitteln, die überdies eine unglaubliche, zum Theile bis in die entlegensten Dörfer der Culturstaaten reichende

Fig. 232

Verbreitung gefunden haben, habe ich ihr in diesem Leitfaden einen solchen breiten Raum gegönnt, denn wer diesen Leitfaden studirt hat, soll nicht etwa gegenüber einem Hager'schen Compressorium-Mikroskope, welches in Deutschland sehr verbreitet ist, erstaunt fragen müssen, was für ein Mikroskop dies sei und sich vielleicht vor einem die Trichinenschau betreibenden Dorfuhrmacher eine Blösse geben. Die mikroskopische Fleischbeschau ist schliesslich für den Arzt, den Thierarzt und den Nahrungsmitteluntersucher gleich wichtig und verweisen wir auf nachstehende Special-Leitfäden, die zum Theile in voriger Darstellung mitbenützt wurden: „Praktische Anleitung zur Trichinenschau" von Dr. R. Long und M. Preusse, Berlin 1898; dann „Leitfaden der praktischen Fleischbeschau" von Kreisthierarzt F. Fischoeder, 2. Aufl.; Johne's berühmtes Werkchen „Der Trichinenschauer" (zu beziehen durch Richard Schwetze in Berlin NW. Louisenstrasse 36), schliesslich den „Katechismus der mikroskopischen Fleischbeschau" von F. W. Rüffert (bei J. J. Weber in Leipzig).

Ein Quellenwerk zur Belehrung über die Trichinose und andere Krankheiten, die durch schmarotzende Würmer erregt werden, ist Prof. R. Leukart's berühmtes Buch „Die Parasiten des Menschen" und seine „Untersuchungen über Trichina spiralis", beide erschienen in Leipzig bei C. F. Winter. Lesenswerth ist auch der Artikel „Trichinenschau" in Alois Koch's Encyklopädie der gesammten Thierheilkunde (Verlag von Moriz Perles in Wien) von Prof. Dr. Anacker in Lüneburg. Die mikroskopische Fleischbeschau in streng wissenschaftlichem Sinne beschränkt sich nicht auf thierische Parasiten und grössere Pilzwucherungen (wie Actinomyces bovis), sondern erfordert auch Untersuchung auf Bakterien, was wir hier nur nebenbei erwähnen. Man kann Schnitte oder Deckglastrockenpräparate des Fleischsaftes färben, welche Methoden wir ja im Vorigen beschrieben haben. Im später zu behandelnden Capitel über die Cultur der Bakterien werden wir sehen, wie üppig viele Bakterien im Fleischsafte gedeihen. Im Artikel „Fleisch" in Dr. Otto Dammer's prachtvollem Werke „Lexikon der Verfälschungen" finden sich die Bakterien, die bei der bakteriologischen Fleischbeschau in Betracht kommen, beschrieben und zum Theile auch abgebildet.

Nach dieser Abschweifung kehren wir wieder zur Technik der mikroskopischen Beobachtung anderer, mit freiem Auge sichtbarer, lebender Objecte, z. B. kleiner Insecten, zurück, und wir bemerken hier, dass die Lebendbeobachtung mittelst des Compressoriums oft zu wenig schonend ist, dass durch sie sehr viele lebende Objecte leiden, indem der Druck die Integrität des Organismus schädigt.

Doch auch hier hat die mikroskopische Technik einfache Vorrichtungen geschaffen, die es ermöglichen, auch sehr druckempfindliche Thierchen bei voller Integrität lebend unter dem Mikroskope zu beobachten. So kann man eine Käsemilbe aus altem, trockenem Käse (wir wählen eine solche, da sie in allen Breitegraden der bewohnten Erde leicht zu beschaffen ist) mittelst eines hohlgeschliffenen Objectträgers, wie solche auch zur Beobachtung und Aufbewahrung feuchter Objecte angefertigt werden und in allen Handlungen mikroskopischer Utensilien (z. B. Siebert in Wien) zu haben sind, ohne

Fig. 233.

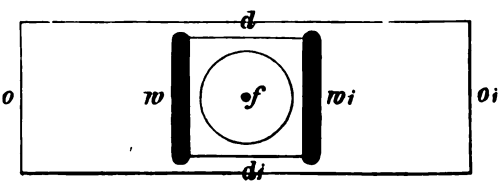


Fig. 234.

Anwendung eines Compressoriums stundenlang als lebendes mikroskopisches Präparat betrachten. Fig. 233 zeigt im Durchschnitt, Fig. 234 in der Aufsicht von oben die ganze Veranstaltung, welche sich natürlich auch für andere kleine Thierchen, nicht nur für die Käsemilbe eignet. *o—o* ist der hohlgeschliffene Objectträger, in dessen Höhlung bei *f* die Käsemilbe mittelst eines Haarpinsels eingebracht und sofort das Deckglas *d* darüber gedeckt wird. Ist das betreffende Thier nicht wie eine Käsemilbe klein, sondern grösser, z. B. irgend eine grössere Blattlaus, und der Hohlschliff seicht, so kann es leicht geschehen, dass sie zerdrückt wird; um dies zu verhindern, bringt man vor dem Auflegen des Deckglases bei *w* und w_1 Wülste von Terpentinwachs (etwa 1 *mm* dick) an und drückt nun das Deckglas sachte gegen die Wülste, bis das Insect an der tiefsten Stelle des Hohlschliffes festgehalten wird, dabei aber doch durch Zappeln seine Fähigkeit, sich zu bewegen, anzeigt. Das Klebwachs bei *w* und w_1 verhindert, dass das Thier das Deckglas *d* d_1 hebt und auch, dass es zu sehr gedrückt wird, während bei *d* und d_1 Luft genug zu ihm treten kann, um ihm das Athmen zu ermöglichen.

Einfacher wäre es, anstatt des Deckglases d_1 gleich einen zweiten Objectträger zum Zudecken zu verwenden, doch ist Verfasser dieses davon ab-

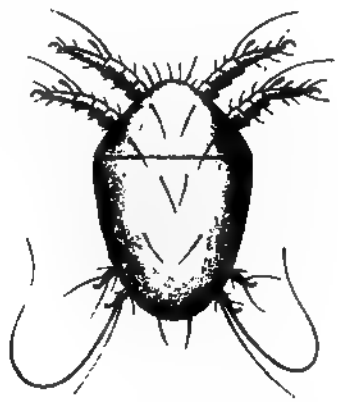


Fig. 235. Fig. 236.

gekommen, weil die Deckung mit Deckglas nicht viel mehr Schwierigkeiten macht, sich zur Beobachtung mit den stärksten Objectiven eignet (um z. B. die sogenannten Pipenverschlüsse in den Tracheen kleiner Insecten zu studiren) und es ermöglicht, das ganze Object gleich einem anderen fertigen Präparate zur Seite zu legen, das heisst vom Objecttisch zu entfernen und wieder auf denselben zu bringen, was bei zwei Objectträgern wegen ihrer Tendenz, sich aufeinander zu verschieben, nicht so leicht gelingt.

Auf ähnliche Weise lassen sich die trägen Schmarotzermilben, die den Thierarzt, und die Blattinsecten, die den Gärtner und Weinproducenten interessiren, mittelst eines angefeuchteten feinen Pinsels aufgreifen, in den hohlen Objectträger bringen und stundenlang lebend beobachten. Die Räudeformen der Hausthiere lassen sich blos mikroskopisch diagnosticiren (vergl. Kitt's prachtvolles Werk „Bakterienkunde und pathologische Mikroskopie", 4. Aufl., Wien 1903, bei Moriz Perles; M. H. F. Fürstenberg's „Die Krätzmilben des Menschen und der Thiere", 1861; Zürn's „Ueber Milben, welche Hautkrankheiten bei Hausthieren hervorrufen", Wien 1877, u. a. m.). Auf altem Käse leben die oben erwähnten Käsemilben (Tyroglyphus siro), welche wir als häufiges Vorkommniss dem Leser im Bilde (nach Megnin und Kitt) vorführen. Fig. 235 zeigt die Käsemilben-Jugendform von Rücken- und Bauchseite, Fig. 236 das ausgewachsene Thier.

Aehnliche Milben leben auf Obst, besonders auf altem, getrocknetem, ferner im dumpfigen Mehle, in altem Staubzucker etc. etc. Sie verunreinigen mit ihren Kothballen die Nahrungsmittel und sind letztere, wenn mit Milben behaftet, als ekelhaft vom Genusse auszuschliessen. Die beste Uebung zur Lebendbeobachtung kleiner Insecten bietet aber ein Floh, welcher in die in Fig. 234 abgebildete Vorrichtung mittelst einer feinen Pincette eingebracht und bei sehr starker Beleuchtung betrachtet werden kann.

Da dieser Leitfaden nicht zu einer Naturgeschichte mikroskopischer Objecte werden kann, sondern blos hie und da eine Form als Beispiel einer Anwendung der mikroskopischen Technik beschrieben und abgebildet werden kann, müssen wir es uns hier versagen, auf die formenreiche und zum Theile praktisch nicht unwichtige Welt mikroskopischer Insecten näher einzugehen.

Ehe ich zur Technik der Beobachtung mikroskopisch kleiner Wesen, welche in Flüssigkeiten leben, weiterschreite, kann ich es mir nicht versagen, ein „Paradepferd“ mikroskopischer Vorführungen, welches in keinem vollständigen Lehrbuch der Mikroskopie, sei es das populärste, wie z. B. Gustav Jäger's „Die Wunder der unsichtbaren Welt“, sei es ein streng wissenschaftliches, wie Frey's oftcitirtes Werk über das Mikroskop, fehlt, auch hier vorzuführen, nämlich die Beobachtung des Blutkreislaufes im lebenden Thiere. Praktisch von keinem Belang, sollten eigentlich diese nur vom Standpunkte des Forschers und Lehrers aus wichtigen Kunstgriffe in diesem für Praktiker bestimmten Leitfaden keinen Raum finden. Das eminent bildende Moment, welches jedoch diese Beobachtungen haben, lassen mich die gedachte Abweichung von dem Programme dieses Leitfadens, die auch den Praktiker in den Stand setzen will, sozusagen zur Hebung des Ansehens der mikroskopischen Technik, den Anblick des im lebenden Thierkörper strömenden Blutes sich und Anderen vorzuführen, nicht als eine Sünde gegen die Ziele, die ich mir gesetzt habe, empfinden. Man kann auch ohne Thierquälerei im eigentlichen Sinne des Wortes, ohne Vivisection sich den Anblick in Adern strömenden Blutes verschaffen, denn es lässt sich in den Schwanzflossen kleiner Fischchen, wie sie bei jedem grösseren Aquarienhändler zu haben sind oder von Knaben allenthalben unter dem Namen „Grundeln“, „Gründlinge“ u. s. w. gefangen zu werden pflegen und meist aus der Brut von „Plötzen“, „Rothfedern“, „Dobeln“, „Haseln“ und anderen minderwerthigen Fischen, welche unter dem Namen „Weissfische“ bekannt sind, bestehen, ebenso in Froschlarven der Blutkreislauf am lebenden Thiere beobachten, wenn man den Objecttisch mit einer Glasplatte bedeckt und das Fischchen oder die Kaulquappe, in einen schmalen, sehr nassen Flanellstreifen bis zum Schwanz locker eingewickelt, auf die Glasplatte legt,[1]) so dass der Schwanz über der Tischöffnung liegt. Auf die Kiemen tropft man recht oft aus einer Pipette Wasser. Man stellt nun mit einem System schwächerer Vergrösserung, z. B. Ebeling, Merker oder Reichert 3 oder 4 und mittlerem Ocular (2 oder 3) (Zeiss' *C* mit Ocular 3 oder Zeiss' Apochromat 8 *mm* mit Compensations-Ocular 6), auf die Aederchen, welche im Schwanze laufen, ein und wird das Blut und die Blutkörperchen durch die Canäle gleich Bächen, welche Gerölle mit sich führen, circuliren sehen. Am schönsten stellt sich der Blutkreislauf bei den Amphibien dar, schon deshalb, weil ihre Blutkörperchen sehr gross sind.

---

[1]) F. E. Schulze hat einen eigenen Objectträger zur längeren Beobachtung des Blutkreislaufes in kleinen Fischen, sowie Frosch- und Tritonenlarven construirt, der jedoch entbehrlich ist.

zu liegen kommt. Der Tisch wird mit einer passenden Glasplatte bedeckt und die Zehen des Frosches mittelst an dieselben gebundener Fäden, an welchen Gewehrkugeln aus Blei durch Einschneiden und Zusammenklopfen befestigt sind — auseinandergezogen und die Schwimmhaut auf diese Art in der zur Beobachtung nöthigen Spannung erhalten. Die Gewehrkugeln hängen an den Fäden über die Kanten der Glasplatte, mit welcher der Objecttisch bedeckt ist, herab und spannen die Schwimmhaut über die Oeffnung aus, gestatten jedoch eine gewisse freie Beweglichkeit und Verschiebbarkeit, welche dem Aufsuchen besonders schöner Stellen sehr zu statten kommt. Fig. 237 zeigt schematisch die Veranstaltung.

Fig. 237.

In Fig. 237 ist *A B* die Bücherlage, *T* der Tisch des Mikroskopes, auf welchem die Glasplatte *a b* liegt (S_1 ist die Schraubensäule des Mikroskopstatives, *S* die Fussäule, *H* das Hufeisen des Mikroskopes, mit dem der Blutkreislauf beobachtet wird). Der Faden *f* ist über die Kante *b* der Glasplatte durch das Projectil *R* gespannt und spannt seinerseits nebst den anderen drei (hier weggelassenen) Fäden die Schwimmhaut des Frosches. Uebrigens kommt man meist mit zwei Fäden f_2 und f_3 (Fig. 238) aus, welche den durchsichtigsten Schwimmhauttheil zwischen den zwei mittleren Zehen des Frosches — er hat deren vier — über der Objecttischöffnung auspannen. Wer ein mittleres Stativ besitzt, der kann sich mit Vortheil der in Fig. 239 abgebildeten Veranstaltung bedienen, welche namentlich bei Verwendung mittelgrosser Frösche den Vortheil bietet, dass man den Froschkörper und Alles, was drum und dran hängt, auf dem Mikroskoptische wie ein anderes Präparat verschieben oder ganz hinwegnehmen und wieder darauflegen kann, was namentlich bei curarisirten Fröschen, welche nach einer einmaligen Curarevergiftung 24 und mehr Stunden ruhig liegen bleiben (davon später), grosse Vortheile gewährt, da man einerseits die schönsten Stellen der Schwimmhaut heraussuchen, andererseits die Beobachtung unterbrechen, das Mikroskop nach Abnahme des Ganzen wieder zu anderen Beobachtungen verwenden und dann wieder die Blutkreislaufbeobachtung aufnehmen kann.

Fig. 238.

Zu diesem Behufe lässt man sich eine etwa 240 *mm* lange Glasplatte von der Breite des Mikroskoptisches anfertigen oder schneidet sich selbe selbst aus einem Stück reinen Solinfensterglases aus, legt sie (in Fig. 239 mit *A, B, C, D* bezeichnet) auf den Mikroskoptisch *a, b, c, d* so auf, dass rechts und links gleiche Theile

Fig. 239.

kröse lebender Frösche, und die in seinem Nachlasse gefundenen Mikroskope weisen besondere Vorrichtungen zum mechanischen Festhalten der bedauernswerthen Thiere auf. Er entdeckte übrigens am 15. August 1673 zu Delft die Blutkörperchen.

Die ohne Vivisection der Beobachtung zugängliche Schwimmhaut des Frosches hat nach Ranke der Physiologe Wilhelm Cowper als Normalobject gewählt, doch auch er bediente sich zum Festhalten des Frosches der Haken und Nadeln. Erst neuerer Zeit pflegte man das mechanische Festhalten des Frosches durch Anbringen desselben an ein Brettchen oder an eigene „Froschhalter" zu bewirken. Wir können deren entbehren und reichen auch zum mechanischen Festhalten des Frosches mit der in Fig. 239 abgebildeten Glasplatte aus, wofern wir den Frosch in ein Säckchen aus fester Leinwand stecken, wie schon Harting empfahl, und zwar so, dass der Kopf des Frosches gegen den Boden des Säckchens gehalten wird. Das Säckchen muss am Rande wie ein Tabakbeutel zum Ziehen eingerichtet sein, und die Zugschnüre müssen aus festem Spagatgarn und mindestens je 60 *cm* lang sein. Man zieht das Säckchen so zusammen, dass nur der eine Schenkel mit dem zu beobachtenden Fuss aus ihm heraussteht, knüpft sodann die Zugschnüre in einfachem Knoten zu und benützt die restirenden Enden dazu, um nun den zappelnden Frosch, dessen Schenkel man festhalten muss, damit er ihn nicht in das Säckchen hineinzieht, an der Glasplatte, dort, wo in Fig. 239 der curarisirte oder narkotisirte Frosch sich befindet, auf dem Rücken liegend festzuschnüren. Es gelingt dann in einem ruhigen Momente, dem Frosche, der nach wenigen Minuten mit dem Zappeln nachlässt, die Spannfäden an die Schwimmhaut anzubinden, worauf man aber etwas anders, als in dem in Fig. 239 abgebildeten Falle verfahren muss. Fig. 241 zeigt die Veranstaltung, wie solche zum mechanischen Befestigen des Frosches nöthig ist. *a, b, c, d* ist der Mikroskoptisch, auf welchem mit den Federklammern k_1 und k_2 die Glasplatte *A, B, C, D* festgehalten wird, sich aber doch verschieben lässt. *F* ist der im Leinenbeutel befindliche Frosch, dessen Schenkel aus dem Leinenbeutel bei *i*, woselbst die Zuziehschnur eingezogen ist, hervorragt. An den zwei längeren der vier Zehen ist bei *f* und f_3 je ein Faden angebunden.

Der Leinenbeutel ist, wie in Fig. 241 etwas undeutlich zu sehen, sammt dem Frosche durch Kreuz- und Querumwicklung an die Glasplatte mit den Enden der Zusammenziehschnur, welche bei *z* zusammengeknüpft ist — angeschnallt. Die Fäden f_2 und f_3, welche die Schwimmhaut spannen, sind nicht am Cartonplättchen auf die Korkplatten *K* angeheftet, sondern es ist hinter den Korkplatten die Leiste *l* aus Cigarrenkistenholz mittelst „Syndetikon" angeleimt. In dieser Leiste sind bei n_1 und n_2 zwei Reissnägel eingeschlagen, um die man nun die Fäden f_2 und f_3 einigemale unterm Nagelkopf herumwickelt, wodurch die Schwimmhaut *s* über der Tischöffnung genügend gespannt, gleichzeitig aber der Frosch verhindert wird, den Fuss zurückzuziehen.

Dennoch geschieht es bei der mechanischen Fesselung oft, dass der Frosch mit dem Schenkel zuckt und so die Beobachtung stört. Deshalb griff man zur Narkotisirung des Frosches.

Mit Aether oder Chloroform oder einem Gemenge von beiden erfolgt die Narkose rasch, wenn man den Frosch in eine mit sehr wenig Wasser gefüllte Untertasse setzt und rasch mit einem Glassturze kleineren Kalibers oder einem Einsiedeglas zudeckt, nachdem man neben den Frosch auf die Tasse einen mit der ätherischen Flüssigkeit getränkten Baumwollbausch gelegt hat. Der Frosch wird zuerst unruhig, springt auf, so dass man das

Glas halten muss, damit er es nicht abwirft, dann wird er ruhig und in fünf Minuten ist er wie todt und lässt sich legen, wie man will, so dass man nach Wahl seine Schwimmhaut auf die in Fig. 237 und Fig. 239 abgebildete Art und Weise spannen und den Blutlauf in ihr beobachten kann.

Ein Uebelstand, auf den jedoch schon der alte Harting aufmerksam macht, ist der, dass alle Membranen, die mit Aether (oder Chloroform) in Berührung kommen, trüb werden; der Frosch hüpft aber bei der geschilderten Narkotisirungsweise leicht im Vorstadium der Narkose auf den äthergetränkten Baumwollbausch und trübt so seine Schwimmhäute; um dies zu vermeiden, wendet Verfasser dieses einen leicht herzustellenden Narkotisirungsapparat an. Er sprengt von einer 300 *g*-Medicinflasche mittelst Sprengkohle den Boden weg, schleift auf einem Sandsteine die Ränder etwas ab und führt nun einen Kork in die Flasche im Halse ein, an welchem ein mit Aether oder Chloroform getränktes Stück Badeschwamm mittelst eines Drahtes befestigt ist. Diese Vorrichtung wird über den in einer der besseren Luftabsperrung wegen mit etwas Wasser bedeckten Tasse befindlichen Frosch gestülpt. Fig. 242 zeigt die Vorrichtung in halbschematischer Durchschnittszeichnung. *T* ist die Tasse, die mit Wasser *W* etwas gefüllt ist, *g* ist die Medicinflasche, welche nach Absprengung des Bodens über den Frosch *F* gestülpt und gehalten wird, *K* ist der Kork, an dem an einem Drahte *d* das mit dem betäubenden Fluidum gefüllte Schwämmchen *sch* befestigt ist.[1])

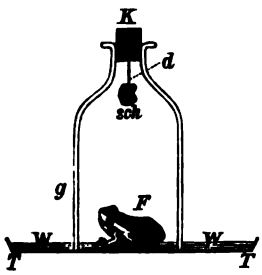


Fig. 242.

Bei dieser Vorrichtung ist vermieden, dass sich die zu beobachtende Schwimmhaut des Frosches dadurch trübt, dass sie mit dem Aether oder Chloroform oder einer Mischung von beiden (zu gleichen Theilen, eventuell mit zwei Theilen absolutem Alkohol versetzt) in Berührung kommt.

Der auf die eine oder die andere Art narkotisirte Frosch bleibt eine halbe Stunde lang zuverlässig ruhig, oft auch länger, wurde er aber zu lange den narkotischen Dämpfen ausgesetzt, so stirbt er oft gleich nach der Narkose, oft erst stundenlang nach dem Erwachen; wurde die Narkose hingegen bald nach vollendeter Beruhigung des Frosches unterbrochen, so erholt sich der Frosch sehr bald und kann öfter zu dem Versuche benützt werden.

Der Uebelstand, dass der Frosch höchstens eine Stunde lang betäubt bleibt, lässt sich durch die Alkoholisirung vermeiden. Alkoholisirt wird der Frosch, indem man ihn in ein Gemisch aus 10 Theilen 95percentigem Alkohol und 50 Theilen Wasser hineinsetzt und nun mit einem so niederen Glase bedeckt, dass er zwar mit dem halben Körper aus dem Alkoholbade hervorragt, aber nicht herausspringen kann. In einer halben Stunde hat der Frosch durch seine Haut genug Alkohol aufgenommen, um für zwei bis drei Stunden betäubt zu sein. Bleibt er länger in dem Gemisch, so ist er meist todt.

Durch Curare[2]) wird der Frosch gelähmt, indem man demselben eine 1percentige wässerige Lösung dieses furchtbaren Giftes unter die Haut injicirt. Der Verfasser dieses vermeidet aber die Pravaz'sche Spritze wegen

---

[1]) Der Schwamm soll nicht, wie in dem Holzschnitte Fig. 242 fälschlich dargestellt ist, so tief herabhängen, dass der Frosch beim Hinaufspringen an ihn anstösst und sich mit der Narkotisirungsflüssigkeit benetzt, sondern der Draht *d* soll so kurz sein, dass das Schwämmchen *sch* noch im Flaschenhalse hängt und vor Berührung durch den springenden Frosch gesichert ist.

[2]) Vergl. Fussnote [2]) auf Seite 346.

der Gefährlichkeit für Menschen, welche sich an der Spritze ritzen könnten, und verwendet hiezu ein Glasrohr mit gekrümmter, dünn ausgezogener, aber stumpfer Spitze. Zum Behufe der Curarisirung wird am Bauche die weisse Haut des Frosches etwas in die Höhe gehoben und mit einer scharfen Scheere auf 3 *mm* eingeschnitten, eine Operation, die man am besten am mit Aether narkotisirten Frosche vornimmt. In die Hautwunde wird nun das vorher mit der Spitze in die Curarelösung eingetauchte Glasröhrchen mit dem engen Ende eingeführt und durch das andere Ende durch Blasen mit dem Munde das beim Eintauchen in die Röhre gedrungene Curare eingetrieben.

In wenigen Minuten erlahmt jede motorische Thätigkeit der willkürlichen Muskeln, der Blutkreislauf aber dauert fort. Das curarisirte Thier bleibt 24 und mehr Stunden ruhig, man kann also lange ungestört beobachten; die Veranstaltung ist jene der Fig. 237—239. Die Schwimmhaut darf in allen Fällen nicht zu sehr gespannt werden, sonst tritt „Stase" in den Gefässen, also Stillstand des Blutkreislaufes ein. Auch wird man gut thun, dem Frosche durch zeitweiliges Betropfen mit Wasser, namentlich auf die Nasenlöcher, Feuchtigkeit zuzuführen. Die beobachtete Schwimmhaut muss beständig feucht erhalten und von anhaftenden Unreinigkeiten durch Abpinseln mit einem Pinsel von Zeit zu Zeit befreit werden; ein Deckgläschen ist nicht erforderlich, da meist mittlere Vergrösserungen angewendet werden. Was sich unserem Auge bei Betrachtung mit einer 200—300mal vergrössernden Combination darbietet, zu schildern, kann nicht Sache dieses praktischen Leitfadens sein. Zur Orientirung sieht sich aber der Autor veranlasst, in Fig. 243 eine schematische Skizze zum besseren Verständniss dem Leser vorzuführen. Die Erklärungen sind auf der Figur selbst gegeben.

Fig. 243.
Blutkreislauf in der Schwimmhaut von Rana esculenta (Wasserfrosch), 200mal vergrössert. *a* Blutgefässe, *k* Blutkorperchen in denselben, *b* Nerv, bei *d* gablig getheilt und verschwindend, *p* Pigmentkorperchen.

Weiters muss der Verfasser darauf hinweisen, dass man namentlich an dem blos mechanisch gefesselten, also sonst intacten Thiere pharmakologische Beobachtungen machen kann, indem man demselben vor der Fesselung Antipyrin, Digitalin u. s. w. mit einer kleinen Morphiumspritze injiciren und die Einwirkung auf den Blutlauf beobachten kann, ebenso pathologische, z. B. Entzündungsvorgänge, welche durch Einrisse in die beobachtete Schwimmhaut oft von selbst eintreten und das der Entzündung charakteristische Einwandern der weissen Blutkörperchen aus den Blutgefässen in das umliegende Gewebe und die Eiterbildung wahrnehmen lassen. Professor Ranke in München hat deshalb Recht, wenn er sagt: „Wir beobachten hier ja nicht nur die Form der Organe und Organtheile, wir sehen direct in das rege Getriebe des thierischen Lebens hinein, wir sehen das Leben eine seiner wichtigsten Aeusserungen vor unseren erstaunten Blicken abspielen."

Deshalb werden es die Leser auch gerne verzeihen, dass sich der Verfasser bei der Technik der mikroskopischen Beobachtung des Blutkreislaufes so lange aufgehalten hat, mögen sie dadurch in die Lage gesetzt worden sein, ihn selbst zu beobachten.

Nach dieser Abschweifung komme ich jetzt dazu zu erörtern, welche Wege man einschlagen kann, um Bakterien, kleine Algen, Infusorien u. dergl., dem unbewaffneten Auge meist unzugängliche, grösstentheils in Flüssigkeiten vorkommende Geschöpfe, unter dem Mikroskope in lebendem Zustande in Bezug auf die biologischen Erscheinungen zu untersuchen.

Eine ältere Methode, derlei Wesen zu beobachten, war diejenige, sie einfach in einer Flüssigkeit, durch Auftropfen auf ein Glastäfelchen unter das Mikroskop zu bringen; der Tropfen verdunstete jedoch bald und man nahm dann dünne Glasröhrchen, sog einen Tropfen ein und brachte ihn so in dem „tubulus capillaris" auf den Tisch des Mikroskopes, wo sich der Tropfen schon länger erhielt. Diese Röhrchenmethode lässt sich zu manchem subtilen biologischen Versuche auch heute noch verwerthen,[1]) weshalb wir dieselbe und einen damit ausführbaren biologischen Fundamentalversuch der modernen Bakteriologie hier darlegen werden.

Man nimmt ein gewöhnliches Glasröhrchen, wie es zu chemischen Versuchen dient, erhitzt die Mitte stark mit einer nicht russenden Flamme, bis die Mittelpartie stark erweicht ist. Mit der linken Hand fasst man die eine, mit der rechten die andere Seite des Röhrchens, zieht beiderseits an und erhält in der Mitte einen Glasfaden, rechts und links aber Glasspitzen, an denen mehr oder weniger als 1 *mm* breite Glasröhrchen mit haardünnen Wänden sitzen. Bricht man nun mit der Pincette ein solches Glasröhrchen ab, so dass ein 2—3 *cm* langes Stückchen entsteht, so kann man einen Tropfen mit Infusorien, Bakterien, lebenden Diatomaceen etc. durch Capillarität in das Röhrchen aufsaugen, dasselbe an den Enden mit Wachs verpicken und so das Ganze auf einen Objectträger unter das Mikroskop bringen. Der Tropfen in einem solchen Röhrchen hält sich lange, und man kann auch mit stärkeren Linsen die Vorgänge in ihm verfolgen. Solch ein Glasröhrchen benützte der Biologe Pfeffer[2]) zu dem nach ihm benannten Fundamentalversuche, womit er darthun wollte, dass die Bakterien die Fähigkeit haben, sich nach denjenigen Oertlichkeiten zu begeben, wo sie die ihnen geeignete Nahrung finden.

Zur Ausführung dieses Versuches legt man einerseits ein erbsengrosses Stückchen Fleisch in ein Opodeldocgläschen und giesst Wasser darüber, worauf man das Ganze stehen lässt, bis sich ein schillerndes Häutchen an der Oberfläche bildet (im Sommer 36, im Winter bei Zimmerwärme von 14° 48 Stunden), andererseits bereitet man sich in einem anderen Opodeldocfläschchen eine Lösung, bestehend aus 5 *cg* (0·05 *g*) Fleischextract und 5 *g* gewöhnlichem Wasser.

Man bringt nun einen Tropfen der Fleischwasserjauche auf ein Objecttäfelchen unter das Mikroskop, saugt mit einem etwa 6 *mm* langen Stückchen eines haardünnen Glasröhrchens von oben beschriebener Herstellungsweise einen Tropfen der Fleischextractlösung auf und klebt es ı einem Ende zu, so dass noch 3 *mm* Luftraum am geschlossenen Ende rig bleiben. Beobachtet man nun den Tropfen Fleischwasserjauche, den an mit einem Deckglase zudecken kann, nachdem man, um den Zwischenum zu vergrössern, zwei Haare zwischen Objectträger und Deckgläschen

[1]) Brefeld, Klebs und Andere haben die Glasröhrchen in ihrer Form verbessert, e sie sich zu manchen bakteriologischen Versuchen als sogenannte „feuchte Kammern" nden lassen. Wir werden weiter unten auf sie zurückkommen.

[2]) Vergl. W. Pfeffer: „Ueber chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten olvocineen" (Unters. a. d. botan. Instit. in Tübingen, Bd. II. S. 582) und „Locomotorische ngsbewegungen durch chemische Reize" (Unters. a. d. botan. Instit. in Tübingen, Bd. I. Man nennt nämlich Chemotaxis den Reiz, welchen Concentrationsdifferenzen er Stoffe auf frei bewegliche Organismen ausüben und dadurch ihre Bewegungen en.

Fig. 245 zeigt einen solchen grösseren Trog, den ich dazu benützt habe, um kleine Weichthiere und deren Eier lebend zu beobachten, welcher sich aber auch zur Beobachtung von Wasserpflanzen und den an denselben angewachsenen Süsswasserpolypen, Bryozoen u. dergl. eignet.

Um sich denselben zu machen, muss man einen guten Glasschneidediamant haben. Man braucht dann blos zwei Objectträger zu nehmen. Aus dem einen Objectträger schneidet man sich mit dem Diamant mit Hilfe eines Lineals die Glasflächen *aceg*, *bdfh*, welche miteinander congruent

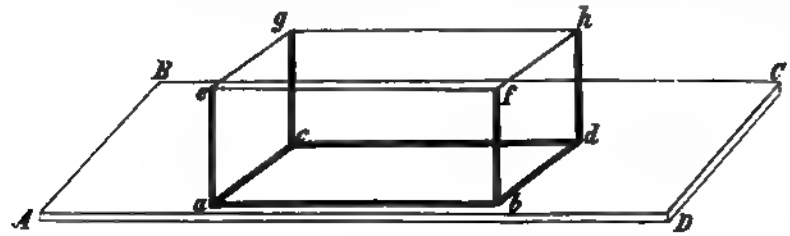


Fig. 245.

sein müssen, und *abef* sowie *cdgh*, welche ebenfalls miteinander gleich sein sollen, aus und klebt sie mit gutem Siegellack zunächst an den Kanten *abcd* auf den zweiten Objectträger *ABCD*, welcher die Basis bildet, auf. Dann verstreicht man unter Zuhilfenahme einer heissgemachten Messerklinge auch die Kanten *ae* und *cg*, *bf* und *dh* mit Siegellack, bis ein wasserdichter Trog entstanden ist. Natürlich kann man sich solche Tröge in allen möglichen Grössen und Tiefen[1]) anfertigen, gut ist es aber, als Basis stets einen Objectträger englischen Formates im Ganzen zu nehmen.

[1]) Man erhält ähnliche Tröge, jedoch anders geformt, bei R. Siebert in Wien und in anderen Handlungen mikroskopischer Bedarfsartikel unter dem Namen „Mikroskopisches Aquarium" fertig zu kaufen. Diese sind jedoch nur an umlegbaren Stativen zu gebrauchen, da der als Basis dienende Objectträger nahezu senkrecht stehen muss, weil sonst das Was fliessen könnte. zeigt das bei S erhältliche mik pische Objectträger-Aquarium von welches aus durch einen Metallrahmen zus gehaltenen Glastheilen, die genau aufeinande besteht und sammt Metallrahmen blos 3 *K* Wenn übrigens der Zwischenraum der gr Wände sehr klein ist, wirkt er capillar ur bei jedem Mikroskope benützt werden. In neuesten Form ist es eigentlich auf beiden von dünnem Deckglase abgeschlossen, u Umkehrung und Beobachtung von beiden S ermöglichen. Um den lebenden Objecten stets Flüssigkeit zuführen zu können, taucht mar höher stehendes Becherglas einige Wollfäden und lässt sie in das Aquarium herabhängen, s seits kann man auf ähnliche Weise Wasse einen Docht in ein tiefer stehendes Gefäss i In solchem Falle ist es schon besser, ein besc sogenanntes Aquarium-Mikroskop anzuwenden und das Aquarium auf einem gesonderten Stativ aufzustellen. Fr. Eilh. Schulze hat durch Klönne & Müller in Berlin ein solches Aquarium-Mikroskop anfertigen lassen. Beschrieben und abgebildet ist es in Wilhelm Behrens' Leit-

Fig. 246.

Fig. 247.

Neuerdings habe ich statt der immerhin zerbrechlichen, selbstgefertigten Tröge für manche Objecte mit Vortheil einen geschliffenen Zahnstocherbehälter (von circa 9 *cm* Länge, $2^1/_2$ *cm* Breite und $3^1/_2$ *cm* Höhe) benützt, wie solche fast in allen Glashandlungen zu haben sind. Goss ich in diesen Behälter das zu untersuchende Wasser aus einem Teiche, Brunnen etc. und liess es eine halbe Stunde stehen, so setzten sich viele Mikroorganismen am Boden ab, und zwischen den mikroskopischen Algen („Plankton") konnte ich Würmer, Räderthiere, ja sogar Infusorien auch dann deutlich beobachten, wenn ich das Objectiv eintauchte. Ganz gegen alle Theorie vertrug z. B. ein älteres Objectiv Nr. 5 von Hartnack das Eintauchen ganz gut und gab auch unter Wasser brauchbare Bilder. Taucht man das Objectiv nicht ein, stören die Erschütterungen des Wasserspiegels viel mehr, als wenn man 1—2 *cm* hoch Wasser aufgiesst und das Objectiv auf die Mikroorganismen, die natürlich sich in der grösseren Wassermenge sehr gut erhalten und entwickeln können, einstellt.

Wer ganz unanfechtbare Bilder unter Wasser erzielen will, bediene sich für schwächere Vergrösserungen des von Zeiss nach Dr. Harting angefertigten Planktonsuchers, einer Wasserimmersion von dem enormen Objectabstande von 36 *mm*, für welche obiger Zahnstocherbehälter noch zu seicht ist und durch ein beliebiges, unten mit durchsichtigem Boden versehenes Glasgefäss ersetzt werden kann, also z. B. eines der üblichen geschliffenen Trinkgläser. Dagegen lässt sich die Wasserimmersion *D*, welche Zeiss über Anregung des Herrn Bratuscheck construirte und welche 1·5 *mm* Objectabstand bei 200—500maliger Vergrösserung (je nach den Ocularen) gestattet und eigentlich für Verwendung bei den später zu besprechenden feuchten Kammern bestimmt ist, da sich auch in diesen die Objecte im Wasser befinden, in dem obigen Zahnstocherbehälter trefflich zur Beobachtung bei starker Vergrösserung benützen, weil das Licht auf seinem Wege vom Object zum Objectiv nur durch Wasser geht und nicht einmal das Deckglas der später zu besprechenden üblichen feuchten Kammern den homogenen Gang der Lichtstrahlen stört, was nach dem in den §§ 23 bis 26 (oben S. 30 ff.) Ausgeführten für die Correctheit des Bildes von günstigem Einflusse ist.

Ganz seichte Tröge kann man durch Uhrgläschen ersetzen, auch hier ist es aber der Stabilität wegen gut, das Uhrschälchen mittelst eines grossen Tropfens recht dicken Canadabalsams, der recht lang Ruhe zum Trocknen

Fig. 248.

haben muss, auf einem Objectträger aufzukitten. Durch Erwärmen lässt sich das Trocknen des Canadabalsams beschleunigen, doch wird er dadurch gelblichbraun. Fig. 248 zeigt schematisch, wie ein Uhrschälchen der besseren Stabilität halber zweckmässig auf einem Objectträger aufgekittet werden kann. *o—o'* ist

faden der botanischen Mikroskopie, Braunschweig, bei Harald Bruhn, 1890, auf S. 34. Aehnliche wurden von Albrecht in Tübingen u. A. construirt, um damit das Längenwachsthum von Pflanzen zu messen (vergl. Zimmermann, „Das Mikroskop", S. 106). Das von C. Reichert für Prof. Wiesner in Wien angefertigte, in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik, Bd. X, 1893, S. 145—148, beschriebene Instrument zeigt Fig. 247. Es lässt sich mit dem Triebe *T'* einstellen und mit dem Triebe *T''* höher und tiefer stellen. Nach Lockerung der Schraube *a* lässt es sich um einen Zapfen herumdrehen. An einer Scala *L* und einem Nonius *N* lässt sich die Verschiebung in verticaler Richtung ablesen. Ohne Objectiv etc. kostet das Stativ blos 72 *K* sammt Mahagonikasten. Es leuchtet ein, dass sich das Instrument, besonders wenn es mit schwachen Objectiven armirt wird, statt gegen eine Pflanze gegen ein grösseres, etwa mit Fischzuchteiern gefülltes Glasgefäss (Aquarium) richten lässt, und kann es sodann sogar für den Praktiker (Fischzüchter) einen grossen Werth haben, um die Entwicklung verschiedenen Laiches zu verfolgen und zu vergleichen.

mehr den Schlauch an die Tausende an. Dann dient man ein. Da der Schlauch mit dem Ring die Objecte von der freien Atmosphäre abschliesst, so kann der Tropfen zwischen Deckglas und Objectträger nicht verdunsten und man kann bei ganz normaler Dicke des Objectes dauerndere Flüssigkeitstropfen, die Lebenserscheinungen in dem Objecte zugemuthet, ohne Austrocknen dürften zu müssen, beobachten.

Zu welchem Versuchen eine solche feuchte Kammer ebenso wie die im Nachfolgenden zu beschreibenden handsameren Vorrichtungen zu gleichem Zwecke, dienen kann, soll im Nachfolgenden durch Schilderung des sogenannten Engelmann'schen Versuches beispielsweise gezeigt werden.

Der Engelmann'sche Versuch.

Wir brauchen zu diesem Versuche Bakterien und grüne Algen, beide lebend.

Es ist bekannt, dass die Bakterien in solche zerfallen, welche ohne Sauerstoffzufuhr leben können, aber auch bei Zufuhr von Sauerstoff nicht absterben (facultative Anaeroben), und solche, welche blos bei Sauerstoffzufuhr gedeihen (obligate Aeroben), ferner in solche, die ganz im Gegentheil bei Gegenwart von Sauerstoff absterben (obligate Anaeroben), eine Eintheilung, auf die wir bei Besprechung der sogenannten Gaskammern uns weiter unten noch einmal erinnern werden müssen.

Hier sei erwähnt, dass es unter den facultativen Anaëroben solche gibt, die bei Sauerstoffmangel nicht absterben, wohl aber ihre Lebenserscheinungen minder lebhaft erscheinen lassen. Die mit Eigenbewegung begabten Bakterien unter ihnen stellen die Bewegung ein, sobald der Sauerstoff fehlt, und beginnen dieselbe wieder, sobald Sauerstoffzufuhr eintritt.

In einem Aufguss von Heu kann man den Bacillus subtilis Ehrenberg, der trotz seines Namens schon zu den grössten Formen gehört und sich durch lebhafte Eigenbewegung auszeichnet, schon mit guten mittelstarken Systemen, z. B. Reichert's, Ebeling's oder Merker's Trockensystemen von Nr. 6 aufwärts, bequem beobachten; er stellt Stäbchen von 3—10 Tausendstel *mm* („μ") Länge und 1—1½ Tausendstel *mm* Breite dar, welche sich mittelst Geisseln (die man aber ohne die oben beschriebene Färbungsmethode selbst mit den besten Objectiven kaum je zu Gesicht bekommt) recht rasch in dem Heuaufgusse umhertummeln. Diese Bacillen bieten wegen ihrer Vorliebe für Oxygen (Sauerstoff), ihrer leichten Sichtbarkeit und auffallenden Bewegung, namentlich aber leichten Beschaffbarkeit, ein bequemes Materiale für die Ausführung des Engelmann'schen Versuches dar.

Wir lassen jetzt die Bakterien und gehen zu dem zweiten Erforderniss des Engelmann'schen Versuches über: Grüne Algen.

In jedem stehenden Wasser finden wir grüne Ballen, bestehend aus Algencolonien; ganze Wassergräben, ja Teiche sind mit wolkenförmigen Massen eines grünen verfilzten Gewebes erfüllt, welches aus feinen Fäden von meist smaragdgrüner Farbe besteht. Die Membran dieser Algen ist nämlich wasserhell durchsichtig, der Innenraum dagegen mit Chlorophyllkörnern, welche eben die schöne Smaragdfarbe aufweisen, erfüllt.

Zieht man einen solchen Algenfaden aus dem Gewirre heraus und bringt ihn mit Wasser und einem Deckglase bedeckt unter das Mikroskop, so sieht man in den schlauchförmigen, langgestreckten Zellen die Blattgrünkörner schon bei 100facher Vergrösserung.

Diese Chlorophyllkörner haben nun bekanntlich die Eigenschaft, im Lichte Oxygen zu entwickeln, welches vom umgebenden Wasser absorbirt

[1]) Th. W. Engelmann, der subtile Versuche über die Biologie der Spaltpilze (Bacterien) gemacht hat, legte das Resultat dieser Versuche u. a. in Pflügers Archiv Bd. [illegible] nieder.

wird. Die Sauerstoffmenge, welche ein einzelner grüner Algenfaden aushaucht, ist natürlich so minimal, dass sie sich jeder chemischen Nachweisung entzieht; mit Hilfe des Engelmann'schen Versuches lässt sie sich aber unter Benützung der feuchten Kammer nachweisen.

Wir nehmen den grossen Objectträger der Recklingshausen'schen feuchten Kammer her und bringen ein Tröpfchen des Heuaufgusses mit dem Bacillus subtilis auf denselben.

Da hinein legen wir einen Algenfaden, z. B. der Spiralbandalge (Spirogyra). Dann geben wir ein Deckgläschen darauf, stülpen den Glasring der Recklingshausen'schen feuchten Kammer darüber, den wir sorgfältig mit Talg bestrichen haben, und verbinden Tubus und Glasring nach Ansetzen eines mittelstarken Trockenobjectives mit dem Schlauche. Gut ist es, den Glasring an der Innenseite mit dickem, wassergetränktem Fliesspapier zu belegen. Blickt man nach scharfer Einstellung durch das Mikroskop, so sieht man Alles in Bewegung; die Bacillen wirbeln nur so um den grünen Algenfaden herum!

Wenn man dann das Instrument in einen dunklen Raum bringt, eine Stunde daselbst stehen lässt und es dann dort nach Abdecken des Tuches mit Hilfe einer mit matter homogener Glaskugel versehenen Petroleumlampe beleuchtet und einstellt, sieht man, dass die Bakterien träge umherliegen. Bringt man das Ganze wieder ans helle Fenster, stellt den Spiegel auf starke Beleuchtung ein und wendet zur Beobachtung mittelstarke Blenden an, so wird man wahrnehmen, dass unmittelbar nach Einlass des Tageslichtes die Bakterien sofort sich zu rühren beginnen und alsbald wieder munter umherschwärmen.

Nach Verfinsterung des Objectes hatten nämlich die Bakterien die geringe, im Tropfen des Heuaufgusses enthaltene Sauerstoffmenge bald verbraucht; die grüne Alge konnte im Dunkeln keinen Sauerstoff entwickeln und so mussten die Bakterien sozusagen mit dem Tode durch Ersticken kämpfen, was ihre Bewegungsenergie lähmen musste. Das Lampenlicht hat keine so kräftige actinische Wirkung, um aus der grünen Alge in kurzer Zeit merkliche Mengen von Oxygen zu entwickeln.

Als aber Tageslicht eingelassen[1]) wurde, zerlegte das Pflanzengrün die im Tropfen enthaltene Kohlensäure und hauchte Sauerstoff an den Tropfen zurück, so dass sich die Bakterien sogleich, als ob sie von einer Fessel befreit würden, in Bewegung setzten, wie wir ja gesehen haben.

Das Interessanteste kommt nun; man hat nämlich dieses Experiment benützt, um die minimalen Mengen von Oxygen zu berechnen, welche ausreichen, um auf die Bakterien einen Reiz zu üben. Diese Berechnung hier anzuführen, würde den Rahmen dieses für Praktiker bestimmten Leitfadens überschreiten; die Art der Berechnung allein soll hier skizzirt werden. Man stellt nämlich zuerst durch Versuche fest, wie viel Oxygen eine grössere Menge von Algenfäden (z. B. tausend solche Fäden) produciren, was ja der heutigen Gasanalyse keine besonderen Schwierigkeiten macht. Dann zählt man mittelst des Mikroskopes die Durchschnittszahl der Zellen, aus denen ein Algenfaden besteht, und dividirt, falls die Anzahl der Zellen bei der in Versuch gezogenen Zahl y, das von tausend Fäden in der Zeiteinheit producirte Oxygenquantum x sei, x durch $1000\ y = \frac{x}{1000\ y} = Z$; eine Zelle producirt also Z Kubikeinheiten Oxygen. Es ist nun einem halbwegs geübten Mikroskopiker leicht, eine einzelne Algenzelle abzuschneiden und zu dem Engelmann'schen Versuche zu verwenden; ja es geht auch an, die Zelle mit Hilfe des Ocularmikrometers in Hälften und Vierteln zu zerlegen und

[1]) Engelmann bedient sich zur Beleuchtung, respective Verfinsterung einer als Schirm zwischen Planspiegel des Abbe'schen Condensors und Lichtquelle gebrachten drehbaren Scheibe mit Oeffnungen von sehr verschiedenem Durchmesser und verschiedener Form.

mit planem Boden vorgezogen, welche meist aus durchbohrten Glasplatten oder Glasringen bestehen, welche am besten mittelst Canadabalsam auf englische Objectträger aufgekittet werden und auf welche man dann das Deckglas mit dem hängenden Tropfen stülpt. Solche Ringe, respective Glaszellen erhält man aus Glas oder Hartgummi bei R. Siebert in Wien u. A. zu kaufen und sind die Fig. 250 und 251, wo Fig. 250 eine feuchte Kammer aus einer Glaszelle und Fig. 251 eine solche aus einem Glasring aufweist, dem Preiscourante dieser Firma entnommen. F. E. Schultze ging aber noch weiter; er construirte eine feuchte Kammer, welche einerseits noch mehr Sauerstoff oder Luft[1]) und nöthigenfalls Feuchtigkeit in dem abgeschlossenen Beobachtungsraume aufzuspeichern gestattet, andererseits aber die Diffractionserscheinungen, die der hängende Tropfen naturgemäss durch seine convexe Form im Gefolge hat (da er eine planconvexe Linse darstellt) und die bei sehr farblosen und zarten Organismen die deutliche Beobachtung stören, beseitigt, weil der Tropfen ganz abgeplattet ist und der zu durchforschenden Wasserschicht eine beliebige, das heisst blos von der Construction der feuchten Kammer abhängige Dicke gegeben werden kann. Fig. 252 zeigt diese feuchte Kammer von oben und im Durchschnitt gesehen. Fig. 253 erläutert die constructiven Details, wie sie die heutigen Glasschleifereien


Fig. 250.


Fig. 251.


Fig. 252.

Fig. 253.

bei Herstellung solcher feuchter Kammern benützen. Betrachten wir Fig. 253. O_1 zeigt den die Basis des ganzen Apparates abgebenden Objectträger; auf diesen ist ein zweiter, oben meist mattgeschliffener, in der Mitte bis zur Oeffnungsweite von 15 *mm* durchbohrter Objectträger O_2—O_2 mittelst Canadabalsam aufgekittet, so dass eine circa 2 *mm* tiefe Zelle entsteht. Mitten in dieser Zelle ist ein womöglich conischer Glasblock *b* aufgekittet, wodurch der ringförmige Luftraum *l*—*l* entsteht. Bringt man nun das Deckgläschen *d*—*d* mit dem hängenden Tropfen *t* auf die Glaszelle O_2—O_2, so wird dieser Tropfen an der oberen Fläche des Glasblockes *b* sich abplatten und es werden lästige Diffractionserscheinungen vermieden. Auch lässt sich die Dicke der Beobachtungsflüssigkeitsschichte bei verschiedenen Kammern variiren, indem ja die Dicke von *t* nur abhängt von der Höhe des Glasblockes *b* und der Tiefe der Zelle O_2—O_2 bei *l*—*l*. Nennen wir die Höhe des Glasblockes *h* und die Tiefe der Glaszelle O_2—O_2 (welche abhängig ist von der Dicke des oberen Objectträgers O_2—O_2) *t*, so ergibt sich die Dicke der Tropfenschichte $s = t - h$.

Ich habe nun versucht, mir selbst ähnliche feuchte Kammern von verschiedener Dicke herzustellen.

Hiezu bedarf man ausser einiger Objectträger von verschiedener Dicke, eines guten Glasschneide-Diamanten, eines Lineals und etwas recht dicken Canadabalsams noch eines, wie wir oben gesehen haben, auch recht gut zur Messung der Dicke von Deckgläschen verwendbaren Instrumentes: „Zehntelmass“ genannt (siehe Fig. 115 auf S. 181 dieses Buches).

[1]) Man kann auch in die Rinne etwas Wasser geben, um das Austrocknen des Objectes hinauszuschieben. Gibt man nach Schultze's Vorgang grüne Algen in die Rinne *l*—*l*, die den Glasblock *b* umgibt, so wird den im Tropfen der Schultze'schen feuchten Kammer befindlichen Mikroorganismen bei starker Beleuchtung Sauerstoff zugeführt. (Vergl. den eben besprochenen Engelmann'schen Versuch.)

Blutkörperchen wurden einem eingehenden Studium in Bezug auf die Einwirkung verschiedener Gasarten auf dieselben unterworfen. Als dann die Bakteriologie als neue Wissenschaft ihren Siegeszug durch die Welt antrat, lag es nahe, auch lebende Bakterien auf ihr Verhalten in verschiedenen Gasen zu untersuchen. Wir haben oben bei Beschreibung des Engelmann'schen Versuches gesehen, wie empfindlich die aëroben Bakterien gegen Aenderungen der Sauerstoffmengen in dem Medium sind, in dem sie leben. Es gibt aber auch anaërobe Bakterien, das heisst solche, die keinen Sauerstoff vertragen. Um diese längere Zeit lebend zu beobachten, kann man sie in sauerstofffreien Medien beobachten, indem man der Beobachtungsflüssigkeit zunächst den absorbirten Sauerstoff entweder mittelst der Luftpumpe oder durch Einbringen in ein hermetisch abgeschlossenes kleines Gefäss, in welchem sich eine Lösung von 1 *g* Pyrogallol und 1 *cm*³ Liqu. Kal. caust. in 10 *cm*³ gekochten Wassers[1]) befindet, entzieht, dann einen Tropfen der Flüssigkeit in die Gaskammer bringt und durch diesen trockenen Wasserstoff durchleitet. Die Entziehung des Sauerstoffes geschieht mittelst der alkalischen desoxydirenden Pyrogallollösung am leichtesten so, dass man ein Uhrschälchen mit der die Bakterien enthaltenden Nährlösung, respective Beobachtungsflüssigkeit, auf einer passenden Brücke oder einem Schwimmer unter eine mit Quecksilber oder flüssigem Paraffinöl abgesperrte Glasglocke bringt, in welcher gleichzeitig eine Schale mit der vorbeschriebenen Pyrogallollösung sich befindet.

Nachdem wir nun dem Leser ein Bild davon gegeben haben, wozu die Gaskammer benutzt wird, wollen wir sie in der Form, wie wir uns sie selbst verfertigen können, beschreiben.

Auf einem englischen Objectträger befindet sich eine viereckige Glaszelle, welche einen viereckigen Trog umschliesst, auf dessen Boden die Luft- und Feuchtigkeitsrinne (zur Aufnahme des Verdunstungswassers) eingeschliffen ist. Durch die entsprechend durchlöcherten Glasleisten der Glaszelle führen die in dieselben luftdicht eingekitteten zwei Zuleitungsröhren. An der einen Röhre befindet sich ein von einem Gasometer ausgehender Gasleitungsschlauch, welcher mit dem in Fig. 256 separat abgebildeten Schraubenquetschhahn mehr oder weniger geöffnet und nöthigenfalls ganz abgesperrt werden kann. An der anderen Röhre ist eine ähnliche Schlauchvorrichtung angebracht.

Fig. 256.

Bei Benutzung bestreicht man die Ränder der Glaszelle mit Unschlitt und drückt das mit dem die zu beobachtenden Objecte enthaltenden hängenden Tropfen versehene Deckglas fest auf, bis es gasdicht haftet. Eine vollständige Verkittung (mit Wachs und Geigenharz) habe ich bei den gewöhnlichen Versuchen, wobei das Gas blos durchströmt und der Druck einer Atmosphäre nicht merklich überschritten wird, kaum nöthig gefunden. Bei Beobachtung schraubt man beide Schlauchhähne auf. Ist so viel Gas durchgeströmt, dass es die atmosphärische Luft aus der Kammer verdrängt hat, so schliesst man möglichst rasch und gleichzeitig beide Hähne und der Tropfen bleibt dem betreffenden Gase ausgesetzt. Um den Tropfen nicht zu verlieren, darf das Gas nicht etwa blasend einströmen, sondern sachte, was man durch die Schraubhähne in seiner Gewalt hat.

Um sich eine solche Gaskammer selbst anzufertigen, kann man so vorgehen, wie oben bei Erläuterung der Fig. 254 angegeben wurde; nur muss man die Glaszellentheile, welche die Röhren aufnehmen sollen, halbovale Rinnen mit einer runden, mit Terpentinöl bestrichenen Stahlfeile ausschleifen. Die Röhren werden mit Siegellack an den Objectträger der Länge nach an-

[1]) Methode siehe „Centralblatt für Bakteriologie", Nr. 5, Band IV ex 1888.

Geigenharz (Colophonium) benützen. Ich bemerke noch, dass sich auch Glasröhrchen zu Gasversuchen benützen lassen, wenn man es mit sehr kleinen Lebewesen, wie z. B. Bakterien, zu thun hat. Man nimmt nämlich dünnwandige, grössere Röhrchen, lässt die Objecte in der Nährflüssigkeit, z. B.

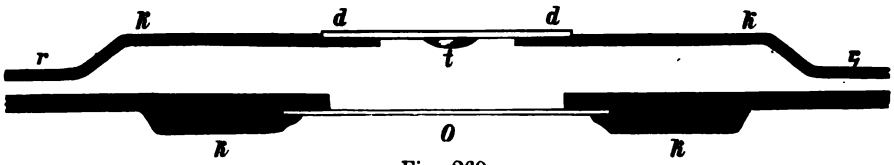


Fig. 260.

Fleischwasserjauche, Heuaufguss etc., durch Saugen in die Röhre eintreten und bläst den grössten Theil der Nährlösung wieder aus. Im feinen, an den Röhrchenwänden bleibenden Flüssigkeitsüberzug sind genug Lebewesen zur Beobachtung übrig. Lässt man nun in das Röhrchen ein Gas eintreten, so ersetzt es einigermassen eine Gaskammer.

2. Die elektrischen Objectträger.

Um auf lebende Objecte unter dem Mikroskope den elektrischen (galvanischen) Strom oder einzelne Impulse statischer Elektricität einwirken zu lassen, hat man schon vor Mitte vorigen Jahrhunderts verschiedene Apparate construirt, welche in Harting und Dippels classischen Werken über das Mikroskop beschrieben sind. Was Handlichkeit und Zuverlässigkeit anbelangt, sind dieselben, wie auch viele neuere derartigen Vorrichtungen, keineswegs auf der Höhe der Zeit. Dies hat Dr. O. Lehmann, Professor der Elektrotechnik am königl. Polytechnicum Dresden, in seiner „Molekularphysik" (Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1889, S. 834) ausgesprochen und in Fig. 367 des ersten Bandes citirten Werkes einen sehr vollkommenen elektrischen Objectträger angegeben, der indessen blos für Forschungszwecke bestimmt ist und den der Praktiker viel zu selten zu benützen in die Lage kommen wird, um sich ihn anzuschaffen.

Für umfassende wissenschaftliche Versuche bedarf man überdies sogenannter „unpolarisirbarer" Elektroden,[1]) da unoxydirbare Elektroden (aus Platin) bei Anwendung galvanischer Ströme bekanntlich aus Wasser Sauerstoff und Wasserstoff entwickeln. Bei organischen Flüssigkeiten bildet sich am negativen Pole eine Anhäufung von Alkalien, am positiven Pole treten Säuren auf. Diese mit der Elektrisation auftretenden chemischen Agentien stören das Bild der rein elektrischen Einwirkung. Bei Anwendung statischer Elektricität, etwa Schlägen von Leydnerflaschen, und bei Benützung faradischer und Rhumkorff'scher Inductionsströme treten die chemischen Wirkungen im Vergleiche zu den rein physiologischen vollständig in den Hintergrund. So wird die Flimmerepithelbewegung durch den chemischen Reiz des galvanischen Stromes erhöht, durch die faradische Elektricitätsart vermindert. Zur Anwendung faradischer, Rhumkorff'scher und statischer Elektricitätseinwirkungen auf lebende Objecte unter dem Mikroskope sind die unpolarisirbaren Elektroden entbehrlich, es kann daher der oben beschriebene, vom Verfasser zur Elektrolyse unter dem Mikroskope construirte Apparat[2]) — welcher durch

[1]) Wer sich hiefür interessirt, findet in Dr. A. Zimmermann's „Das Mikroskop. Ein Leitfaden der wissenschaftlichen Mikroskopie," Leipzig und Wien bei Franz Deuticke, 1895, alles Wissenswerthe auf S. 232 ff.

[2]) Vergl. Dr. W. Kaiser, Apparat zur Elektrolyse unter dem Mikroskope, in den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw.

als zu deren Füllung keine freien Säuren in Verwendung kommen, die Batterie keine die Instrumente schädigenden Dämpfe aushaucht und viele Stunden lang constant wirkt, auch wenn sie in einem fort thätig ist. Sollten sich die Pergamentsäckchen verschlemmen, das heisst mit Zinkschlamm füllen, so ist es bei der leichten Herstellbarkeit derselben am besten, das verschlemmte oder sonst schadhaft gewordene wegzuwerfen und ein neues an dessen Stelle zu setzen, ebenso wenn sich diese Säckchen nach einiger Zeit mit rothen Kupferausscheidungen überziehen.

An Räderthieren, Infusorien, an Pflanzenzellen und Bakterien lassen sich, falls man einen etwa mit zwei Elementen armirten Inductionsapparat zur Verfügung hat, sehr interessante elektrophysiologische Versuche anstellen, bei denen man einmal die Wirkungen sogenannter constanter Ströme mittelst der selbstangefertigten Batterie, ein andermal mit dem Inductionsapparate jene der intermittirenden primären sowie der faradischen oder inducirten Ströme beobachtet. Man sieht dabei stets bei offenem Stromkreise in das mit dem elektrischen Objectträger versehene Mikroskop und orientirt sich über die Vorgänge in der Nähe eines oder des anderen Poles in dem hängenden Tropfen. Dann lässt man, indem man mittelst des Umschalters den Strom — noch fortwährend in das Instrument blickend — schliesst, die Elektricität wirken und vergleicht das Verhalten der Zellen, Infusorien, Bakterien etc. mit jenem, welches sie zeigten, als der Strom noch nicht durchging. Hat man z. B. Paramaecien im Gesichtsfelde, so zeigen dieselben beim Eintritt eines schwachen, constanten Stromes lebhaftere Bewegung, dann Involutionserscheinungen und endlich Auflösung; bei faradischen oder starken constanten Strömen werden sie, wie vom Blitze getroffen, plötzlich in der Bewegung gehemmt, sowie man den Umschalter schliesst, und man kann dann einen Moment lang die sonst in Flimmerbewegung begriffenen und daher schwer sichtbaren Flimmerhaare wahrnehmen. Näher auf diese und andere elektrische Versuche, insbesondere auf die Messung der wirksamen Stromstärken unter dem Mikroskope einzugehen, verbietet leider der Raum und der Zweck dieses Leitfadens.

3. Der heizbare Objecttisch und die Wärmekästen.

Um Objecte auf dem Objecttische des Mikroskopes der Einwirkung der Wärme auszusetzen, hat man früher einfach ein kleines Spirituslämpchen unter denselben gehalten. Dies genügte wohl für manche kurzdauernde wissenschaftliche Demonstrationen, nicht aber für die dem Praktiker wichtigste Anwendung höherer Temperaturen bei Züchtung gewisser Bakterienarten im „hängenden Tropfen“ unter dem Mikroskope. Durch das Unterhalten einer Spiritusflamme unter den Objecttisch wird, ganz abgesehen von dem barbarischen Vandalismus, den ein solches Verfahren gegenüber den modernen, oft wahre Kunstwerke der Mechanik repräsentirenden Mikroskopstativen bedeuten würde, der Zweck, die Objecte auf dem Tische während der Beobachtung einer constanten Temperatur auszusetzen, nicht erreicht.

Auch der heizbare Objecttisch von Schulze, welcher aus einer durch an der Unterseite angebrachte Leisten aus Holz oder sonst einem schlechten Wärmeleiter vom Objecttische des Mikroskopes isolirten, hufeisenförmigen Metallplatte mit Lichtöffnung in der Mitte und um diese angebrachten Thermometer besteht, welche durch zwei an den beiden Schenkeln des Hufeisens angebrachte Spirituslampen erwärmt wird und auf den der Objectträger mit dem zu beobachtenden Objecte über die Lichtöffnung gelegt wird, leidet zum Theile an vorgedachtem Fehler und auch daran, dass das Thermometer nicht jene Temperatur zeigt, welche das Object selbst hat, sondern eine höhere, ein Fehler, den übrigens auch manche der im Folgenden beschriebenen Heiz-

vorrichtungen, wenn auch in geringerem Grade als Schulze's heizbarer Objecttisch, an sich haben.

Man hat neuerer Zeit versucht, einestheils um eine constante Temperatur zu erhalten und andererseits um das Object selbst einer genauen messbaren Temperatur auszusetzen, Objecttische zu construiren, bei welchen nicht das Metall direct, sondern mit Hilfe von Wasser, welches in kleinen Kesselchen erwärmt wird, also mittelst einer Art Warmwasserheizung erhitzt wird.

Wir wollen hier nur einige der auch dem über keine elektrische Starkstromleitung verfügenden Mikroskopiker zugänglichen heizbaren Objecttische anführen und von den neuesten, auf dem Principe der calorimotorischen Wirkung starker elektrischer Ströme beruhenden Instrumenten,[1]) die eines Starkstromes bedürfen und wegen ihres hohen Preises beim mikroskopirenden Praktiker wohl kaum in Betracht kommen dürften, absehen.

Fig. 263 zeigt uns halbschematisch den heizbaren Objecttisch des berühmten Histologen Ranvier; er besteht aus einem blechernen Kasten, in dessen innere Höhlung $O—O_1$ seitlich das Präparat P eingeschoben wird. Das Licht fällt durch O_1 ein, geht durch das Präparat P hindurch und gelangt dann in den Tubus, welcher in die trichterförmige Oeffnung bei O eingesenkt und dem Objecte beliebig genähert werden kann. Die Heizung geschieht durch heisses Wasser, welches durch die durch Schläuche mit einem Kesselchen verbundene Röhre R eintritt, durch die Scheidewand s gezwungen wird, um den Lichtdurchlass herumzugehen und dann durch R_1 abströmt. Das Thermometer T lässt die Temperatur ablesen. Da das Object hier vom Heizwasser sozusagen umgeben ist, so hat es annähernd genau dieselbe Temperatur, die das Thermometer anzeigt.

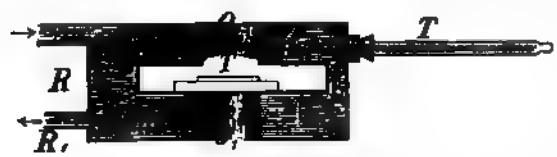


Fig. 263.

Der Uebelstand, dass das Object nicht am Mikroskoptische, also bei der Beleuchtungsvorrichtung bleiben kann, wenn Ranvier's Tisch angewendet wird, hat Israel bewogen, eine Art Blechdose, durch welche heisses Wasser circulirt, auf das auf dem Objecttische liegende Object zu legen.

Hat der Tisch, wie jetzt so häufig, eine Hartgummiplatte, so lässt sich das Object durch die Dose leicht erwärmen; bei Metallplattentischen dürfte dies schwerer gehen, da dann das ganze Instrument Wärme absorbirt. Fig. 264 zeigt die Israel'sche Dose von oben, das heisst von der oberen Seite, wo sich die Tric befindet. D ist die Do in heissem Zustande genothigt um L herum- das in ein Glasrohr g wieder bei l in einen eingekittet ist vorbei geleitet wird.

Sowohl bei dem heizbaren Tisch Fig. 263 als Fig. 264 ist es zur

[illegible] der elektrisch heizbare Objecttisch von Ehmann. Dieser Tisch ist [illegible] Wien zu haben und kann auf jedem grösseren Mikroskope aufgesetzt und [illegible] Schrauben befestigt werden. Wer in der Wohnung oder im Laboratorium

[illegible] Prof. Dr. Molisch (Untersuchungen über das Leuchten der Pflanzen) im J. 1897 mit einem neuen Kältekasten für Mikroskope [illegible] angegeben, welcher in den doppelten Wänden mit einer Kältemischung [illegible] Schnee oder zerhacktes Eis und Salz gefüllt werden kann und ein eigens construirtes Stativ II mit von aussen regulirbarer Einstell- und Beobachtungsvorrichtung sowie ebenso beweglichen Objectisch [illegible] sehen [illegible] aufnimmt.

Wir gehen auf die nähere Beschreibung dieses für den Praktiker immer wichtiger [illegible] Apparates nicht ein, [illegible] verweisen auf die Beschreibung in No. 6 der österreichischen Chemiker-Zeitung, Herausgeber Dr. Hans Heger und Dr. Stassny in Wien, [illegible] Jahrgang [illegible] 1899.

[illegible] Wie schon bei den Untersuchungen [illegible] bezüglich Wesen, [illegible] Die [illegible] Wesen [illegible] Beobachtung [illegible] Wesen [illegible] Wenn [illegible] wird, wie wir [illegible] Mikroskope [illegible] Stelle. Das [illegible]

4. [illegible] Beobachtungen [illegible] Wasserbewohnern [illegible] zur [illegible] Beobachtung

[illegible] Tropfen [illegible] bewegte [illegible] Objecte [illegible] Vergrösserungen [illegible] rasch aus dem Gesichtsfelde [illegible] z. B. Bacterienreinculturen, so liegt [illegible] darin, dass dann in Folge der vorüberziehenden Objecte rasch andere in Hinsicht auf unsere Beobachtung gleichwerthige treten. Anders ist dies, wenn, wie z. B. bei Wasseruntersuchungen, vereinzelte bewegliche Wesen, die uns interessiren, unter vielen anderen weniger wichtigen vorkommen. Hier muss man trachten, entweder die einzelnen Objecte durchwegs in ihren Bewegungen zu beschränken oder einzelne, falls sie gross genug dazu sind, zu isoliren und allein in einem einzigen Tropfchen ihres Lebensmediums unter das Mikroskop zu bringen. Die Hemmung der Bewegungen geschieht nach einer alten, aber für den Praktiker ihrer Einfachheit wegen sehr werthvollen Methode ohne Beschädigung der lebenden Objecte dadurch, dass man in den Tropfen zwischen Objectträger und Deckglas vor Beginn der Beobachtung ein etwa [illegible] Deckglas geschnittenes Stückchen sogenannte [illegible] kommen lässt. In den Maschen dieses feinen Seiden- [illegible] bei Seiderwarenhändlern, meistens aber bei [illegible] Mühlen und Fabriken zu haben ist, werden [illegible] zurückgehalten und können [illegible] Sorgt man dafür, dass von Zeit zu [illegible] Tropfen der Beobachtungsflüssigkeit [illegible] Objecte stundenlang beobachten. [illegible] Nachfüllen der Beobachtungsflüssigkeit [illegible] so bringt man die Müllergaze

[illegible] Beobachtungsflüssigkeit [illegible]

empfehlen) hat Verfasser überflüssig gefunden; auch unterliegen diese Gummikappen raschem Verderben, worauf sie ihre Elasticität verlieren und beim Auslassen zusammengedrückt bleiben.

5. Einfluss des Lichtes. — Beobachtungs- und Nährflüssigkeiten für lebende Objecte im Allgemeinen und für Bakterien insbesondere.

Wir haben im Vorigen die Vorrichtungen betrachtet, mittelst deren es möglich ist, lebende Objecte in ihren biologischen Functionen unter dem Mikroskope zu beobachten, und auch gehört, wie sie ins Gesichtsfeld gebracht und daselbst festgehalten werden können. Auch haben wir die Instrumente und Apparate kennen gelernt, welche gestatten, sie chemischen und physikalischen Agentien auszusetzen. Wir haben dabei das Agens „Licht" übergangen, da ja das Mikroskop mit seinem Blend- und Spiegelapparate ohnedies die vielfach modificirbare Anwendung dieses Agens nicht nur gestattet, sondern geradezu voraussetzt. Ein Einwirkenlassen von Licht auf lebende Organismen (grüne, chlorophyllhältige Süsswasseralgen), also einen photophysiologischen Versuch haben wir in dem Engelmann'schen Versuche kennen gelernt, und wahrlich, unsere modernen Mikroskope mit ihren starken Beleuchtungsvorrichtungen bedürfen keiner weiteren Veranstaltungen, als wir sie bei diesem Versuche angewendet haben! Auch directes Sonnenlicht lässt sich mit dem Spiegel bei fleissigem Nachrücken je nach dem Stande der Sonne durch das unter dem Mikroskope befindliche Object längere Zeit hindurchsenden, wenn anders überhaupt Sonnenlicht zur Verfügung steht; doch darf man nach den im allgemeinen Theile dieses Leitfadens erwähnten Grundsätzen in das von der Sonne beleuchtete Mikroskop nicht hineinblicken, da, abgesehen von dem schädlichen Einflusse, den directes Sonnenlicht auf die Augennerven ausübt, die auf das Heftigste auftretenden Interferenzerscheinungen jede rationelle Beobachtung unmöglich machen würden. Man richtet daher, so wie man zu beobachten beginnt, den vorher direct gegen die Sonne gerichtet gewesenen Spiegel gegen eine weisse Wand, ein weisses, sonnenbeschienenes Rouleau u. dergl.

Will man Beobachtungen über den Einfluss monochromatischen, also z. B. rothen, blauen, grünen Lichtes auf die zu untersuchenden lebenden Objecte (z. B. Pflänzchen) anstellen und man hat kein Mikroskopstativ mit Substage-Apparat,[1]) bei welchem man einfach die Glasplatten von den gewünschten Farben in den Blendenträger des Substage einsetzt, zu welchem Zwecke man sich selbe vom Glaser passend zuschneiden lässt oder bei einiger Dexterität selbst zuschneidet und zufeilt, oder keine so zugerichteten Glasplatten zur Verfügung, so hilft man sich damit, dass man entweder ein Stückchen des Farbglases unter die Blendöffnung des Objecttisches mit etwas Terpentinwachs anklebt oder einfach ein passend geschnittenes Stück färbigen Glases auf den Objecttisch bringt und das Object auf dem Objectträger, respective in der feuchten Kammer über dieser farbigen Platte auf den Objecttisch auflegt.

Mit diesen Hilfsmitteln dürfte der Praktiker bei Beobachtungen lebender Organismen ausreichen,[2]) wo es sich darum handelt, selbe unter dem Einflusse des Lichtes, respective verschiedenen Lichtes zu untersuchen.

Wenn wir Objecte in einem Flüssigkeitstropfen jener Flüssigkeit, in der wir sie lebend gefunden, in der feuchten Kammer unter dem Mikroskope

[1]) Vergl. [illegible], S. 52 dieses Leitfadens.

[2]) [illegible] wissenschaftlichen Untersuchungen der Einwirkung monochromatischen Lichtes auf lebende Objecte kann ein Spectralapparat, wie z. B. der Beleuchtungsapparat für monochromatisches Licht von Hartnack oder das Mikro-

Hat man aber dagegen die Absicht, einen Forellenembryo längere Zeit zu beobachten, um nicht blos die normalen Lebensvorgänge, wie Herzschlag, Blutlauf, Athmung u. s. w., sondern auch das im embryonalen Stadium sichtlich rasch vor sich gehende Wachsthum zu beobachten, will man also sehen, wie das mit dem Darmepithel zusammenhängende Ectoderm ermöglicht, dass der Inhalt der Nabelblase in den Darm übertreten und dort verdaut werden kann, was es eben erklärt, dass der Embryo, ohne auf Nahrung auszugehen oder geatzt zu werden, so lange Zeit an der Nabelblase zehrend von dem Dottergehalt der letzteren leben kann, will man weiters wahrnehmen, wie dabei der Inhalt der Nabelblase umso rascher verbraucht wird, je schneller das Wachsthum vor sich geht, und wie mit dem letzteren das Blutgefässnetz (Fig. 271, *g*) die Nabelblase (Fig. 271, *n*) immer mehr überspinnt, bis diese schliesslich verschwindet, dann muss man noch für einen viel rascheren Wechsel lufthaltigen Wassers sorgen. Als der Verfasser dieses Leitfadens in den Jahren 1885 und 1886 Leiter des Laboratoriums der von einigen Naturfreunden im „Ersten Wiener mikroskopischen Institute", I. Reichsrathsstrasse 13 und später I. Kohlmarkt 18, für das grosse Publicum veranstalteten mikroskopischen Ausstellung war, da trat an ihn die Aufgabe heran, Forellenembryonen unter dem Mikroskope für das die Ausstellung besuchende Publicum auf dem Objecttische tagelang lebend zu erhalten. Die Embryonen besorgte der bekannte Thierhändler und Aquarium-Erzeuger Bongár (im Wiener Bankbazar) und es galt nun, dieselben beobachtungsfähig zu machen. Im mikroskopischen Institute stand aber nur die Hochquellenleitung zur Disposition und da bei dieser das Wasser in geschlossenen Röhren (auch die Aquäducte sind ja solche) geleitet wird, ist es wohl meist mehr kohlensäure- als sauerstoffhältig, ähnlich wie Brunnenwasser. Es wäre auch ein sogenanntes „abgeschlagenes" Wasser den Einwohnern Wiens gewiss nicht erwünscht. Der Verfasser dieses half sich nun folgendermassen: Er legte den auf einem auf einem Objectträger mit Canadabalsam befestigten Uhrglase, welches jedoch beim Aufkitten etwas nach vorne geneigt worden war, befindlichen Embryo unter das Mikroskop, liess aus dem Bassin des Springbrunnens des Institutes geschöpftes Quellenwasser, welches durch das Ausbreiten in dem meterbreiten, flachen Bassin gewiss stark lufthältig geworden war, aus einem höheren Gefässe tropfenweise auf die Kiemenanlage (Fig. 271, *k*) des Embryos auffallen und auf der übergeneigten Seite des Uhrschälchens mit Hilfe einer aus Neusilberblech selbst hergestellten Rinne abfliessen und die Aufgabe war gelöst.

Fig. 272 zeigt diese Anlage halbschematisch. *O—O* ist der bei *l* durchbrochene Objecttisch, *o* der Objectträger mit dem etwas übergeneigt aufgekitteten Uhrschälchen *u*, *E* der darin liegende, lebende Forellenembryo, *r* die ganz flache, aus dünnstem Neusilberblech selbst hergestellte Rinne, welche man, um ihr mehr Stabilität zu geben, an der Unterseite mit Klebwachs am Objecttische befestigen kann. *B* ist ein Becherglas, in welches das Ueberfallwasser abläuft. Das Glasrohr *g*, welches durch den Kautschukschlauch *k* aus einem höheren Gefässe durch Heberwirkung Wasser empfängt und durch den Draht *d* in passender Lage über der Kiemenanlage des Embryos festgehalten wird, lässt durch die ausgezogene Oeffnung bei *u* Wasser tropfenweise austreten; die Tropfen bespülen die Kiemenanlage des Embryo und geben ihren beim Tropfen durch Absorption vermehrten Sauerstoff's an das Thierchen

---

dessen längeren, zum Objecttisch herabführenden Schenkels), die durchströmende Wassermenge durch Anwendung dickerer, mit stärkeren Dochten gefüllter Glasröhren vermehren. Natürlich muss dann auf analoge Weise durch Tieferstellen des die abgelaufene Flüssigkeit aufnehmenden Gefässes und Verstärkung der Ableitungsdochte (Leinwandstreifen) für vermehrten Abfluss vorgesorgt werden.

Species ostindischer Meerestange stammt und im Handel meist in Streifen, viereckigen Stücken (seltener in Pulver) vorkommt. Die Streifen lassen sich in Stücke schneiden, welche wie oben benützt werden. Nach Zusatz des Agars zur Bouillon lässt man das Ganze im Dampftopf so lange stehen, bis sämmtliches Agar sich wieder in der Bouillon gelöst hat. Mittelst einer Pipette setzt man nun vorsichtig so viel Soda in Aqua destill. gelöst zu, bis leicht alkalische Reaction eintritt. Dann wird die Masse nochmals einige Stunden gekocht und in einen möglichst hohen gläsernen Cylinder (Becherglas) eingegossen, den man im Dampftopfe unterbringt. Man lässt nun den Dampftopf langsam auskühlen. Dabei senken sich die Unreinlichkeiten zu Boden und die Masse erstarrt. Man schneidet nun den ganz reinen Theil heraus, zerkleinert ihn und kann ihn zum weiteren Gebrauche gut verschlossen aufbewahren.

Die Nährkartoffeln macht man sich erst kurz vor dem Gebrauche zurecht. Man nimmt je eine Kartoffel in die Hand und reibt sie unter dem Strahle der Wasserleitung mit einer Bürste sauber ab. Dann werden mit einem Messer die „Augen" und alle sonstigen Unreinlichkeiten der Erdäpfelknollen herausgekratzt. Es darf nur gesundes Gewebe zur Benützung übrig bleiben. Sehr schadhafte („kranke") Kartoffeln werfe man am besten weg. In die Kartoffel selbst, das heisst ins Gesunde, soll man ja nicht hineinschneiden, da die Sublimatlösung, in die die Kartoffeln, wie wir gleich sehen werden, wegen der äusserlichen Sterilisation gebracht werden, sonst das Innere der Kartoffel benetzen und als Nährboden unbrauchbar machen würde.

Die so gereinigten, aber nicht geschälten Kartoffeln kommen auf $^1/_2$—1 Stunde in eine Glaswanne mit $^1/_{10}$percentiger Sublimatsolution, welche etwas angesäuert wird. (Auf 1 *l* Wasser gibt man 1 *gr* Sublimat und 5 *gr* Acid. hydrochl. concentr.) Nach Herausnehmen aus der Sublimatlösung kommt die Kartoffel in den Dampftopf und wird gar gekocht und zugleich sterilisirt, was circa $^1/_2$—$^3/_4$ Stunden dauert. Dann nimmt man die Kartoffel aus dem Einsatze des Dampftopfes heraus, wobei man sich dreier mit Kautschukkappen versehener Finger der linken Hand, deren mit den Kautschukkappen geschützte Spitzen in Sublimatlösung (1 : 100) getaucht wurden, um sie zu sterilisiren, bedient, schneidet sie mit ausgeglühtem Messer in Scheibchen und gibt sie in Doppelschälchen (Fig. 274).

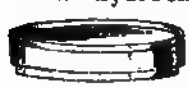


Fig. 274.

In diesen Doppelschälchen müssen sie dann der discontinuirlichen Sterilisation unterworfen werden; davon später.

Das Blutserum. Unter antiseptischen Vorsichtsmassregeln wird Blut von Rindern oder Schafen aufgefangen, indem man die Hautstelle, wo die Venen- oder Arterienöffnung stattfindet, vorerst mit Aether entfettet und durch Waschen mit Sublimatlösung 1 : 500 sterilisirt und dann mit sterilisirtem Wasser abspült. Am besten fängt man das Blutserum in mit je einer Glasplatte bedeckten Glaswannen auf, welche natürlich sterilisirt sein müssen, und bewahrt es 48 Stunden in Eis auf. Dann pipettirt man das klare Serum in Reagensgläschen (Eprouvetten) und setzt dieselben durch 4—5 Tage oder sicherer 8 Tage an jedem Tage 1—2 Stunden einer Temperatur von 58° C. aus, um die Keime discontinuirlich zu sterilisiren. Hiezu kann man sich eines sogenannten Thermostaten (davon später) oder aber noch besser eines eigens hiezu construirten, bei Lenoir & Forster erhältlichen

Apparates bedienen, den Fig. 275 zeigt. Der Apparat ist, um Wärmeverluste zu vermeiden, mit Filz bekleidet. Er wird mit Wasser gefüllt, in welches in den mit vier gitterartigen Abtheilungen versehenen Einsatz die Eprouvetten mit dem Blutserum kommen. Geheizt wird der Apparat durch einen am Deckel angebrachten Rohrstutzen, in den eine kleine Gasflamme hineinbrennt.

Wir haben nun die vier wichtigsten festen Nährböden besprochen. Die Peptonfleischinfusgelatine kommt am häufigsten zur Verwendung, und zwar wegen ihrer Durchsichtigkeit. Da sie aber schon bei 23—30° C. flüssig wird, so wäre für Bakterien, die erst bei höherem Temperaturoptimum, z. B. Brut-temperatur 37° C., bei welcher die meisten pathogenen Bakterien am besten gedeihen, sich entwickeln, das Agar vorzuziehen, welches erst bei 50° C. flüssig wird, wenn es nicht gar so leicht im Brutschranke austrocknen würde. Für alle höheren Temperaturen können aber Kartoffeln oder das Blutserum dienen, erstere in geeigneten Behältern, die sie vor dem Austrocknen schützen (Feuchtkammern genannt). Wir können hier natürlich nicht eine detaillirte Anleitung zu allen möglichen bakteriologischen Untersuchungen geben, aber so viel, als für den Mikroskopiker nöthig ist, wollen wir hier an einigen Beispielen erläutern und dabei die Apparate erwähnen, deren man zu solchen Untersuchungen bedarf.

Ueber das Mikroskop brauchen wir hier wohl nichts mehr zu sagen, als dass es so gross sein soll, dass man auf den Objecttisch bequem eines jener Doppelschälchen (Fig. 274), welche meist von 10 bis zu 18 *cm* Durchmesser haben, stellen und die im Schälchen gezüchtete Cultur besehen kann.

Für ausgedehntere Culturversuche muss die Ausladung des Instrumentes, also auch der Tisch, sehr gross sein, z. B. wird, wer als Praktiker sich mit der Cultur von Bakterien in Schalen viel zu befassen hat und keine Kosten scheut, ein Instrument nach Art des in Fig. 218 auf S. 326 d. B. abgebildeten anschaffen.

Ein Abbe'scher Beleuchtungsapparat (vergl. S. 62 u. ff. d. B.) ist für die Beobachtung der Farbenbilder der Bakterien unerlässlich.

Ein Revolver für die Systeme zum raschen Wechseln derselben und ein beweglicher Objecttisch sind sehr angenehme, aber nicht unerlässliche Behelfe. Die feuchten Kammern haben wir ohnedies erst besprochen.

Wir könnten also gleich zu den Beispielen übergehen, an denen wir die bakteriologische Untersuchung erläutern wollen. Die Wasseruntersuchung nehmen wir nicht als Beispiel, denn gerade an sie soll sich nur ein Bakteriologe von Fach wagen, der über ein treffliches Laboratorium verfügt. Im Wasser kommen nämlich sehr viele Bakterienarten vor, die harmlos sind, so dass die Keimzahl an sich kein Grund zur Ausschliessung des Wassers vom Genusse bilden kann; vielmehr kommt es darauf an, ob im Wasser für den Menschen schädliche Bakterien vorhanden sind, und da können in Wässern mit relativ geringer Keimzahl solche Organismen vorkommen, die den Genuss als lebensgefährlich erscheinen lassen. Ebenso wäre die Untersuchung der Luft, welche darauf beruht, dass Luft mittelst Aspiratoren aspirirt und durch Nährböden, z. B. Bouillon, durchgesaugt wird (z. B. wird der in Fig. 276 abgebildete Emmerich'sche Luftuntersuchungsapparat mit Nährlösung gefüllt und an dem Röhrchen am runden Ballon ein Aspirator angebracht, worauf man die inficirte Bouillon auf circa 40—50 Kölbchen vertheilt und die Vegetation der Bakterienkeime in denselben beobachtet), in nicht ganz speciell für bakteriologische Untersuchungen eingerichteten, mit Versuchsthieren reichlich dotirten Laboratorien nicht

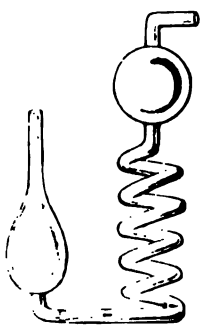


Fig. 276.

erfolgt, und B. durch Beseitigung der Keime, indem man sie vom zu sterilisirenden Objecte absondert (z. B. durch Filtration).

Bei A. lässt sich wieder unterscheiden, ob die Vernichtung a) durch physikalische Agentien, z. B. hauptsächlich Wärmeänderungen, seltener Elektricität, oder b) durch chemische Agentien, z. B. Chloroform, Carbolsäure, Sublimat oder dergl., erfolgt; im Falle sub b) spricht man dann nicht von Sterilisation, sondern von Desinfection, doch ist letztere, wie wir soeben gesehen haben, streng genommen eine Sterilisation.

A. a) Sterilisation durch physikalische Mittel.

Bei der Cultur der Bakterien haben wir es meist mit der Sterilisation durch Einwirkung erhöhter Temperaturen zu thun und nennen wir dieselbe daher Sterilisation im engeren Sinne oder Sterilisation schlechtweg. Diese letztere beruht hauptsächlich darauf, dass die meisten Bakterien bei einer längeren Einwirkung einer Temperatur über 50° C. absterben. Die Sporen mancher Bakterien sind dagegen viel widerstandsfähiger, sie vertragen Einwirkungen von 130° trockener Hitze durch viele Stunden hindurch, ohne zu Grunde zu gehen. Haben sich natürlich aus den Sporen Bakterien entwickelt, so sind diese wieder viel empfindlicher als ihre Sporen waren. Darauf beruht die discontinuirliche Sterilisation (zu unterscheiden von der fractionirten, die oft mit ihr verwechselt wird), von der wir oben ein Beispiel gegeben und in Fig. 275 den hiezu gebräuchlichen Apparat abgebildet haben. Es handelte sich dort um die Sterilisation des Blutserums. In diesem sind trotz aller aseptischen Cautelen bei dessen Gewinnung Bakterien und Sporen von solchen vorhanden. Wollte man die Bakterien und die Sporen auf einmal vernichten, müsste man die Erwärmung so weit treiben, dass das Eiweiss im Serum coagulirt, wodurch dieses Nährsubstrat seinen Vorzug, durchscheinend zu sein, verlieren würde, andererseits würden bei einer einmaligen Erwärmung auf z. B. 58°, bei welcher Temperatur das Eiweiss im Serum noch nicht coagulirt, die Sporen unversehrt bleiben und auskeimen und das Serum wäre also nicht steril. Da hilft man sich (Tyndall's Idee) nun auf die Weise, dass man, wie wir oben erwähnt haben, das in Reagensgläschen pipettirte klare Blutserum durch 5—8 Tage täglich 1—2 Stunden einer Temperatur von 58° C. aussetzt. Einige Keime werden gleich bei der ersten Erwärmung auf 58° C. absterben; hauptsächlich aber die Bakterien werden diese weit über ihrem Temperaturoptimum liegenden Erhöhungen der Temperatur nicht ertragen; sie werden aber auch nicht alle absterben, sondern ein kleiner Theil, die resistenteren, werden Sporen bilden. Diese neugebildeten Sporen und die bereits im Serum befindlich gewesenen Dauersporen würden nun der Erwärmung auf 58° C., und sollte man sie tagelang fortsetzen, wacker Widerstand leisten. Deshalb bricht man nach 1—2 Stunden die Erwärmung ab. Was wird nun geschehen? Die Sporen werden zu Bakterien auskeimen. Nun erwärmt man am zweiten Tage wieder auf 58° C. Wieder werden eine Menge der aus den Sporen in der Ruhezeit gebildeten Bakterien getödtet werden, ein geringer Percentsatz wird Sporen bilden, die in der Ruhezeit bis zur nächsten Erwärmung am folgenden Tage wieder zu Bakterien auskeimen. Am achten Tage dürften, nach den bisher gemachten Erfahrungen, alle Sporen ausgekeimt und die eben entstandenen Bakterien getödtet sein; dieses Resultat ist aber auch oft schon in 5—6 Tagen zu erreichen.

Die fractionirte Sterilisation ist dagegen etwas Anderes. Sowie man bei der fractionirten Destillation des Theers z. B. zuerst leichter flüchtige und dann immer schwerere ölartige Producte erhält, so dient die fractionirte

Sterilisation, welche bei verschiedenen Temperaturen unterbrochen wird, dazu, bestimmte in einem Nährsubstrate befindliche Bakterien zu tödten, andere dagegen unvernichtet zu lassen, wodurch man in die Lage gesetzt ist, verschiedene Bakterien durch die fractionirte Sterilisation zu separiren. Ein interessantes Beispiel bietet hiefür die Anwendung der fractionirten Sterilisation bei der Reincultur von Tetanusbacillen, den Erregern der Wundstarrkrampf-Erscheinungen. Doch können wir hievon erst weiter unten, bei Behandlung der Cultur (im engeren Sinne) der Bakterien sprechen.

Die häufigste Anwendung findet die fractionirte Sterilisation dann, wenn es sich um Vernichtung pathogener Organismen in Gebrauchsgegenständen handelt, welche durch eine vollkommene, ununterbrochene Sterilisation vernichtet, respective gebrauchsunfähig gemacht würden. Beispiele hiefür sind die bekannte Pasteurisation des Weines, welche nur so weit getrieben wird, als nöthig ist, um die bacillären Erreger der Weinkrankheiten zu vernichten, oder die Sterilisation der Kindermilch mittelst der Soxhlet'schen Apparate u. a. m.

Zur Ausführung der Sterilisation kann die Wärme verschiedenartig zur Anwendung kommen. In dem oben Fig. 275 abgebildeten Apparate kommt dieselbe in einem durch heisse Luft geheizten Wasserbade zur Anwendung; wir werden später sehen, dass uns ein Wasserbad manchmal den kostbaren Dampfsterilisationsapparat (kurz „Dampftopf" genannt) ersetzen kann.

Um systematisch vorzugehen, müssen wir drei Anwendungen von Wärme bei der Sterilisation unterscheiden:

α) Trockene Hitze und überhitzter Dampf.

β) Feuchte Wärme durch strömenden Dampf von einer Atmosphäre ohne Ueberdruck.

γ) Hitze durch strömenden oder ruhenden Dampf von mehr als einer Atmosphäre (Ueberdruckdampf, auch gespannter Dampf genannt).

Die trockene Hitze kann ohne oder mit Apparat angewendet werden; sie dient, da die Bakterien verhältnissmässig hohe Grade trockener Hitze zu ihrer Vernichtung erfordern, diese Hitze aber die meisten Nährböden austrocknen und unbrauchbar machen würde, blos zur Sterilisirung von Glas- und Metallgeräthschaften zu bakteriologischen Zwecken. Man hält z. B. die in Glas eingeschmolzene Platindrahtnadel oder Platinöse, mit der, wie wir später hören, die Infection der Culturplatten, -Schalen- oder -Eprouvetten vorgenommen wird, behufs Sterilisation in eine Flamme, bis das Platin glühend wird; natürlich werden dadurch die Keime gründlich (durch Verbrennung) vernichtet. Auch das Messer, womit wir die Kartoffelaugen bei Anfertigung des Nährbodens aus Kartoffeln (siehe oben) ausstachen, kann durch Ausglühen sterilisirt werden. Will man den Stahl dabei hart erhalten, so thut man gut, das Messer nicht auszuglühen, sondern blos so lange zu erhitzen, bis ein Tropfen wässeriger Chlornatriumlösung, darauf getröpfelt, siedet. Der Siedepunkt einer concentrirten Chlornatriumlösung liegt nämlich wesentlich höher als der des Wassers.

Hat man viele Instrumente zu sterilisiren, dann bringt man dieselben in eine Bratröhre; Hartgummigriffe dürfen jedoch nicht daran sein, da diese dadurch leiden würden. Man bedient sich meistens in Laboratorien zum Sterilisiren von Instrumenten, leeren Gläsern u. dergl. eines Trockenschrankes, der sich von dem Trockenschranke der Chemiker dadurch unterscheidet, dass in seinen Zwischenwänden kein Wasser ist, sondern Luft. Wir werden später sehen, dass die Trockenschränke der Chemiker mit einigen Modificationen in den weiter unten zu beschreibenden sogenannten „Vegetationskästen", auch „Thermostaten" und „Brutöfen" genannt, nachgeahmt erscheinen. Die Trockenschränke der Bakteriologen sind wirklich

Tubus an der Spitze des Conus, welcher ein in den Dampfraum reichendes Thermometer enthält.

Der untere, mit einem Wasserstandsrohr versehene Raum wird mit Wasser gefüllt und zum Kochen gebracht, indem man eine Lampe unter den Dreifuss stellt. In den oberen Theil des Cylinders kommt ein ähnlicher Einsatz für die zu sterilisirenden, mit Nähragar oder dergleichen beschickten Kölbchen oder Eprouvetten, wie er oben in Fig. 275 im Innern des offenen Cylinders zu sehen ist.

Kocht nun im Koch'schen Dampftopf das Wasser, so durchstreicht der ungespannte Dampf von 100° C. den Aufsatz und entweicht am Rande des Deckels. Was im Aufsatze ist, wird vom Dampfe schon nach $^1/_4$—$^1/_2$stündiger Einwirkung sterilisirt.

Der Dampftopf lässt sich improvisiren, wenn man in einen Wäschekochtopf 10—15 *cm* hoch Wasser füllt, ihn mit Watte und Spagat gut umwickelt und nun ein in den Topf hineingehendes Nudelsieb (sogenannten Durchschlag) aus Blech an drei oder mehr Drahthaken am Topfrande aufhängt, in das Sieb die zu sterilisirenden Gegenstände bringt und auf das Ganze den Deckel des Waschtopfes lose aufsetzt, so dass der Dampf zwischen Deckel und Drahthaken durchstreichen kann, wenn man das Ganze auf die Platte eines geheizten Herdes bringt.

Ein Gegensatz zu dieser Improvisation ist der Petri'sche Dampfsterilisator, bei welchem vermieden ist, dass der Dampf, der oben aus dem Sterilisator dringt, im Arbeitsraume Alles mit Dunst beschlägt, wenn kein Dunstfang vorhanden ist, und welcher Petri'sche Apparat auch, ähnlich wie beim vorhin beschriebenen Trockenschranke, gestattet, seitlich die zu sterilisirenden Objecte in den Apparat zu bringen. Im Wesen beruht er darauf, dass der Dampf in einem separaten Kesselchen bereitet und von oben in einen Cylinder, der eine seitliche Thür und ihr gegenüber mehrere Etagèren für die zu sterilisrenden Gegenstände besitzt, geleitet wird. Während ein Koch'scher Dampftopf (bei Lenoir & Forster, Wien, IX. Garnisongasse 7) 30 Kronen kostet, kommt der Petri'sche Dampfapparat bei Münke in Berlin ohne Fracht und Zoll auf 230 Mark zu stehen, weshalb hier dieser theuere Apparat, den sich wohl kaum ein Mikroskopiker anschaffen wird, nicht näher beschrieben wird. Auch Dr. Ostwald hat den Koch'schen Apparat verbessert, doch ist auch der Ostwald'sche Apparat sehr kostspielig, weshalb wir ihn in diesem Leitfaden ebenfalls übergehen. Alle diese Apparate arbeiten ohne Ueberdruck.

Fig. 278.

Der in einem verschlossenen Kessel unter Ueberdruck stehende Dampf hat eine noch stärker sterilisirende Wirkung, als jener von normaler Spannung; natürlich steigt auch mit dem Drucke die Siedetemperatur des Wassers. So kann man in dem bekannten Papin'schen Topfe das Wasser und den Dampf auf 150° erhitzen. Lässt man solchen Dampf, der natürlich fünf und mehr Atmosphären Druck hat, gegen einen zu sterilisirenden Gegenstand strömen, so werden die widerstandsfähigsten Sporen, die im Dampftopfe Koch's 5—6 Stunden verweilen müssten, um vernichtet zu werden, binnen einer Viertelstunde zu Grunde gehen. Noch kräftiger sterilisirend wirkt der gespannte Dampf in ruhendem Zustande in dem Dampfraume eines Papin'schen Topfes. Bringt man in ein solches, in jeder besser ausgestatteten Handlung für Küchengeräthe für wenige Gulden als „Fleischdampftopf" oder „Digestor" erhältliches Kesselchen in passender Weise einen Blech- oder Drahteinsatz

nannt — hinüber und wir wollen uns in den folgenden Zeilen mit dieser t der Keimfreimachung so eingehend, als es für den Mikroskopiker nöthig in dürfte, beschäftigen.

b) Sterilisation durch chemische Mittel, sogenannte Desinfection.

So wie die Bakterien in Bezug auf Wärme specifische Eigenschaften haben, auch in Bezug auf die Empfindlichkeit gegen chemische Stoffe; führen wir en Vergleich weiter aus, so werden wir finden, dass dem sogenannten emperaturoptimum auch eine gewisse Beschaffenheit des Nährbodens, eine ewisse specifische Acidität oder Alkalität desselben entspricht, mit anderen Vorten: So wie jede Bakterienart unter gewissen Temperaturverhältnissen ich am besten entwickelt, so spielt auch die chemische Beschaffenheit des Nährbodens eine begünstigende oder hemmende Rolle. Die meisten Bakterien gedeihen auf alkalischem und neutralem Nährboden; Säuren hemmen sie also in der Entwicklung; viele Bakterien aber gedeihen wieder nur auf saurem Nährboden, so Typhusbacillen, Butterbacillen und Essigpilze. Man sieht daraus also, dass, wenn z. B. eine Säure von gewisser Concentration schon desinficirend auf Cholerabacillen wirken wird, dieselbe die Typhusbacillen weiter vegetiren lassen kann. So wie gewisse Wärmegrade auf die einen Bakterien schon vernichtend, auf andere dagegen sogar das Wachsthum fördernd wirken, so können auch Säuren und Alkalien als Desinfectionsmittel in den meist aus anderen Rücksichten nicht allzu concentrirt gewählten Mischungen gegen verschiedene Bakterien nicht gleich desinficirend wirken. Dies muss festgehalten werden, um zu verstehen, dass die verschiedenen Urtheile über Desinfectionsmittel mit Vorsicht aufzunehmen sind, insoferne nicht gleichzeitig berücksichtigt wird, mit welchen Bakterienarten die Versuche vorgenommen wurden, die zu jenen, sei es lobenden, sei es abfälligen Urtheilen geführt haben. So wie es aber Wärmegrade gibt, die alle Keime tödten, so gibt es auch gewisse Concentrationsgrade der Chemikalien, die auf alle Keime, das heisst Bakterien und Sporen sicher vernichtend einwirken. Wir bemerken hier, dass die Sporen auch gegenüber chemischen Einflüssen resistenter sind als die entwickelten Bakterienformen. Eine Lösung von 1 *gr* Sublimat in einem Liter Wasser vernichtet sowohl Dauerformen als Sporen aller bekannten Schizomyceten und muss daher als absolutes Desinfectionsmittel betrachtet werden. Es findet auch zur Desinfection der Finger des Bakteriologen, welche man natürlich nicht auf 100 oder 130° C. erhitzen kann, Anwendung; auch bei Besprechung der Bereitung der Nährkartoffeln haben wir des Sublimates zur Sterilmachung der äusseren Oberfläche der ungeschälten Kartoffeln Erwähnung gethan.[1])

Andere absolute Desinfectionsmittel sind: Concentrirte Mineralsäuren, 10%ige Carbolsäure (Phenol), concentrirte Lösungen von übermangansaurem Kali u. s. w. Die verdünnteren Lösungen, z. B. 5%ige Carbolsäure, sind durchaus nicht absolute Desinfectionsmittel, sie haben sich aber gegen gewisse, Sepsis erzeugende Spaltpilze als entwicklungshemmend ebenso bewährt wie das Jodoform. Der sogenannte Schwefeläther und namentlich das Chloroform sind ebenfalls treffliche Desinfectionsmittel. Ihre Anwendung in der Bakterioskopie wird erleichtert, weil sie sich durch Wärme leicht wieder austreiben lassen.

Diese chemische Sterilisation kann auch an Stelle jener durch physikalische Mittel von dem Mikroskopiker bei bakteriologischen Arbeiten angewendet werden, um Geräthe keimfrei zu machen.

---

[1]) Da Sublimat mit Eiweiss Verbindungen eingeht, so erlahmt seine desinficirende Wirkung in eiweissreichen Flüssigkeiten. Auch greift Sublimat Metalle an und ist ein heftiges Gift für Mensch und Thier.

sterilisiren und wie langen Kochens bedarf es, um dasselbe keimfrei zu machen?

3. Rühren die im Filtrate vorhandenen Keime von durchwachsenden Saprophyten her und lassen sich dieselben durch kräftiges Spülen auf ein Minimum reduciren?

4. Wie viel Filtrat liefert das Filter in der Zeiteinheit? (Leistungsfähigkeit in Bezug auf Quantität in der Minute.)

Die Fragen 1 und 2 lassen sich durch Anlage von Zählplatten (davon später), die Frage sub 3 durch mikroskopische Untersuchung von Filterpartikeln und Impfversuche an pflanzenfressenden Thieren beantworten. Die pflanzenfressenden Thiere (z. B. Feldmäuse) vertragen nämlich die Einverleibung saprophytischer Bakterien in ihr Blut recht gut, während, falls in dem Filter parasitische Schizomyceten vorhanden wären, diese die Gesundheit der Thiere afficiren würden. Die Frage sub 4 lässt sich mittelst Uhr und Messgefäss mit feiner Theilung leicht lösen.

Zur directen Prüfung der Filter kann man Aufschwemmungen von Reinculturen von Milzbrand-, Cholera-, Tuberkel- und anderer pathogener Bakterien benützen, welche man filtrirt und dann im Filtrate nach den entsprechenden Bakterien mittelst Zählplatten[1]) recherchirt. Mehr als 150 Keime (per cm^3) sollen nach Dr. Schrank bei keinem Bakterienfilter, welches noch diesen Namen verdienen soll, im Filtrate nachzuweisen sein.

2. Die Infection.

Die Infection, das heisst die Uebertragung des Infectionsmateriales auf den sterilisirten Nährboden behufs Cultur der im Infectionsmateriale enthaltenen Bakterien kann auf verschiedenste Weise vorgenommen werden. In der Bakteriologie haben sich aber gewisse Methoden bewährt und daher erhalten, welche meistens geübt werden, wenn es sich um Herstellung von Reinculturen handelt. Die Infection mittelst fester Substanzen erfolgt gewöhnlich durch Platindrähte mit oder ohne Oese. Man stellt sich solche her, indem man in eine Glasstange von 4 *mm* Dicke, welche 20 *cm* lang sein kann, einen mindestens 0·75 *mm* dicken oder besser noch dickeren Platindraht von 10 *cm* Länge und 2 *cm* Tiefe im Gasgebläse einschmilzt. Lässt man den Draht, wie er ist, so hat man eine Platinnadel; biegt man ihn ösenförmig um, so hat man eine Platinöse, die, wie in dieser Arbeit oben, bei den Tinctionen, auseinandergesetzt wurde, auch zur Herstellung von Deckglas-Trockenpräparaten aus flüssigen Substraten dienen kann. Zu gewissen Zwecken benütze ich spitzgefeilte oder flachgeklopfte Platinnadeln. Vor der Infection wird eine solche Platinnadel oder Oese einfach in einer Spiritus- oder Gasflamme zum Glühen gebracht und ist dann sterilisirt; es genügt natürlich die Rothgluth.

Streicht man mit der mit Infectionsmaterial versehenen, das heisst in das Infectionsmaterial getauchten oder gestochenen Platinnadel über den sterilisirten Nährboden, der z. B. in auf einem Objectträger ausgegossener und erstarrter Nährgelatine bestehen kann, hinweg, so nennt man dies Infection mittelst Strichmethode. Sticht man dagegen die inficirte Platinnadel in das Nährsubstrat ein, was namentlich bei Culturen in Kölbchen oder Eprouvetten (Reagensglasculturen) ausgeführt zu werden pflegt, so nennt man dies die Stichmethode. Die aus beiden Methoden entstehenden Culturen heissen dann entsprechend der Infection, durch welche sie hervorgerufen wurden, entweder Strichculturen oder Stichculturen.

---

[1]) Werden weiter unten besprochen werden.

Die häufigste Infectionsmethode ist die Verdünnungsmethode, welche darin besteht, dass man das Infectionsmateriale in controlirbarer Quantität in den Nährboden, der natürlich flüssig oder bei den Gelatinenährböden durch Erwärmung flüssig gemacht sein muss, einbringt, es also verdünnt. Hiezu kann man sich geaichter Pipetten oder graduirter Büretten bedienen, welche vor dem Gebrauche sterilisirt werden.

Da die Infection enge mit der Cultur zusammenhängt, so werden wir, um nicht in unnütze Wiederholungen zu verfallen, Alles, was etwa noch über specielle Infectionsmethoden zu sagen erübrigt, bei Behandlung der Cultur behandeln. Hier wollen wir blos erwähnen, dass bei der Infection Alles vermieden werden muss, was dazu beitragen könnte, dass auf die abzuimpfende Substanz oder Cultur oder auf den zu inficirenden Nährboden von aussen Keime gelangen, woraus keine Rein-, sondern eine Mischcultur entstehen würde (Mischinfection). Bei Abnehmen des Wattepfropfes von dem zu inficirenden Reagensglase etc. oder von einer als Infectionsmaterial dienenden Cultur muss man also sehr vorsichtig sein und denselben mit ausgeglühter Pincette herausdrehen.

Aus gleichem Anlasse kehrt man Reagensgläser mit festem Nährboden beim Inficiren mit der Oeffnung nach unten und sticht die inficirte Nadel von unten nach oben ein, weil dabei mehr Gewähr geboten ist, dass nicht aus der Luft fremde Keime in den Stichcanal gelangen und die Reincultur stören.

Ueberhaupt ist es gut, die Infectionen behufs Sicherung vor Hineingerathen fremder Keime aus der Luft in einem Glaskasten mit Schieber vorzunehmen. Man öffnet vor Benützung den Schieber, wäscht mit einem in Sublimat 1 : 1000 getauchten Schwamme die inneren Flächen des Glaskastens gut ab und schliesst den Kasten durch Herablassen des Schiebers (der gut passen muss) ab. Der Staub fällt dann im Kasten zu Boden und bleibt in Folge der Feuchtigkeit auf der Bodenplatte haften. Nach einer halben Stunde öffnet man den Schieber so weit als genügt, um beide Hände, die man am besten durch Aufstrecken der Aermel, Waschen mit Seife und Sublimatlösung 1 : 1000 desinficirt, in den Kasten einzuführen und die beabsichtigte Infection im Innern des Glasgehäuses zu vollziehen.

In grösseren bakteriologischen Instituten hat man zum Zwecke der Infectionsvornahme eigene Arbeitsräume adaptirt, die von den übrigen Ubicationen abgeschlossen sind und mittelst Ventilatoren, welche die Luft, bevor sie in das Infectionszimmer tritt, durch trockene Filter aus sterilisirter Watte durchsaugen und so möglichst keimfrei machen, mit frischer Luft versorgt werden. Diese Arbeitszimmer haben dann gewöhnlich einen Vorraum, in welchem sich der Bakteriologe vorerst desinficirt und geeignete sterilisirte Kleider sowie Gummischuhe anlegt. Der vorgeschilderte Glaskasten vermag aber für unsere Zwecke diese kostspieligen und umständlichen Einrichtungen wohl für die meisten Fälle zu ersetzen. Penibelste Reinlichkeit muss man sich allerdings bei allen mikroskopischen und insbesondere bei bakterioskopischen Untersuchungen angelegen sein lassen, soll nicht alle aufgewendete Mühe zu Schanden werden oder die Arbeit zu Trugschlüssen führen.

Eine besondere Sorgfalt erfordert die Vornahme der Infection, wenn es sich nicht um ein künstliches Nährsubstrat, sondern um den Körper eines lebenden Thieres als Nährboden handelt. Wird auch der praktische Mikroskopiker selten in die Lage kommen, bei bakteriologischen Untersuchungen solche von Grausamkeit nicht freizusprechende Thierversuche anzustellen, so soll der Vollständigkeit halber die Infection der lebenden Thiere nicht unbesprochen bleiben, da sie für den Forscher sehr wichtig ist. Nur jene Bakterienart kann als pathogen erklärt werden, welche

thiere internirt werden und in den ein Rohr mündet, von welchem aus mittelst eines Gebläses der durch einen Spray in kleinste in der Luft suspendirte Partikelchen zerstäubte flüssige Infectionsstoff herausgeblasen oder aber der staubförmige aufgewirbelt wird. In Dr. Schrank's Anleitung etc. finden sich zwei solche Apparate von Buchner beschrieben und abgebildet (S. 165).

8. Die Infection durch Fütterung. Will man diese ausführen, so kann man den Infectionsstoff in ausgehöhlte Kartoffeln bringen. Kaum mehr als „Fütterung" zu bezeichnen sind die Einspritzungen von Infectionsflüssigkeiten durch eine eigens angelegte Magen- oder Darmfistel oder gar durch Eröffnung der Bauchhöhle (Laparotomie), um die Infectionsflüssigkeit gleich in das Duodenum zu bringen, wie es Nicati und Rietsch thaten.

Koch hat, um die Choleraculturen, die er Thieren eingab, nicht der Einwirkung des sauren Magensaftes auszusetzen, mittelst einer Sonde den Versuchsthieren 5 cm^3 einer kohlensauren Natronlösung injicirt, dann das Thier mit 1 *gr* Opium auf je 200 *gr* Körpergewicht narkotisirt und schliesslich erst die Aufschwemmung der Bouilloncultur eingespritzt, doch kann man, wie erwähnt, den Thierversuch bei Cholera nicht als zweifellos gelungen betrachten.

9. Die intracranielle Infection. Dem Versuchsthiere wird der Schädel durch Trepaniren eröffnet, die Dura mater gespalten, der Infectionsstoff auf die blossgelegte Hirnfläche so schonend als nur möglich aufgestrichen und die Wunde aseptisch vor äusserer Infection geschützt. Wir fügen hier noch als zehnte Infectionsart die an den verschiedensten Körperstellen ausführbare Infection durch Einziehen eines inficirenden Seidenfadens mittelst Nadel an. Bei allen diesen operativen Eingriffen müssen natürlich die Hände mit warmem Wasser und Seife unter Zuhilfenahme einer Nagelbürste gereinigt, dann eine Minute lang in 80percentigen Alkohol getaucht und schliesslich mit $^1/_2$percentiger Sublimatlösung gut desinficirt werden.

Auch müssen jene Hautstellen, an denen am Thiere der operative Eingriff erfolgt (das Operationsfeld), so weit als thunlich, von den Haaren oder Federn befreit, dann mit Aether entfettet und schliesslich mit $^1/_2$percentiger Sublimatlösung desinficirt werden. Die Instrumente werden am leichtesten nach der Methode des Dr. Schimmelbusch durch 10 Minuten langes Kochen in einer Lösung von Soda in Wasser 1 : 100 desinficirt, zur Abkühlung in eine Schale, welche mit 3%iger Carbollösung gefüllt ist, gebracht und können dann nach Abtropfenlassen sofort benützt werden.

Da man aus dem inficirten Thiere, welches meist, falls es nicht refractär ist, im Zeitraume von einigen Tagen bis zu mehreren Monaten an der Infection zu Grunde geht, theils Infectionsstoff zur Umimpfung, theils Deckglas- und Schnittpräparate herstellen muss, so ist es nothwendig, dass der Cadaver unter aseptischen Cautelen eröffnet wird.

Zu diesem Behufe werden die Cadaver der Säugethiere und Amphibien vor der Section in 1%ige Sublimatlösung getaucht, die überschüssige Flüssigkeit mittelst Filtrirpapier abgesaugt, der Körper in der Rückenlage mit vier Stecknadeln oder bei grösseren Thieren mit Nägeln auf einem Brette von entsprechender Grösse fixirt und mit einer (wie oben beschrieben) desinficirten anatomischen Scheere durch einen Längsschnitt, welcher die Brust- und Bauchdecke spaltet, eröffnet. Die Hautdecken werden nun rechts und links zurückgeschlagen und mit der Scheere unter Zuhilfenahme sterilisirter Pincetten die Bauchhöhle eröffnet, worauf die Eingeweide hervortreten. Mit einer anderen sterilisirten Scheere wird die Brusthöhle aufgeschnitten und mit einer dritten Scheere in das Herz eingestochen, wobei Blut hervorquillt, welches man mittelst einer Platinöse oder einer Capillarpipette auffangen und nun entweder zur Umimpfung oder zur Herstellung von künstlichen Reinculturen auf Nähr-

Oeffnung bei n, welche man am besten mit einer mit Terpentinöl befeuchteten dreikantigen Feile ausschleift. Das Glasgefäss $H\ J\ K\ L$ ist bei Q mit Quecksilber vollgefüllt, so dass das Quecksilber schon bei Zimmertemperatur, wie bei q ersichtlich, in die t-Röhre $a\ b\ c\ d$ reicht und mit seiner Kuppe unter, aber doch nahe der durch das Schiefschleifen des Endes der Glasröhre $r—r_1$ entstandenen Spitze g steht. Man denke sich nun die Eprouvette $H\ J\ K\ L$ in eine der Tuben des Thermostaten eingesetzt und durch den Schlauch s mit der Gasleitung und durch den Schlauch s_1, welcher an dem Ansatze m angebracht ist, mit einem kleinen Bunsenbrenner verbunden, welcher unter dem Vierfusse des Thermostaten (Fig. 280) brennt, und denke sich weiters durch Stellen des Gashahnes die Höhe der Bunsenflamme so regulirt, dass die Temperatur im Wasser zwischen den Wänden des Thermostaten 38° C. beträgt, falls die Quecksilberkuppe bei g (Fig. 281) die elliptische Oeffnung der Glasröhre $r—r_1$ zu verschliessen beginnt. Wenn nun durch Ansammlung der Wärme im Wasser oder durch Steigerung des Gasdruckes oder durch sonstige Einflüsse die Temperatur des Wassers im Thermostaten 38° C. übersteigt, so wird das Quecksilber Q und q sich ausdehnen und die schiefe (elliptische) Oeffnung des Glasröhrchens $r—r_1$ noch mehr verschliessen, so dass weniger Gas durch s und $r—r_1$ bei g zu m und von da durch s_1 zum Bunsenbrenner gelangt. Dieser wird daher niedriger brennen und in Folge dessen die Temperatur im Thermostaten wieder sinken, vielleicht unter 38° C. fallen. So wie dies geschieht, zieht sich aber das Quecksilber in Q zusammen, der Spiegel $g—g_1$ sinkt und es kann bei g wieder mehr Gas austreten, weshalb der Brenner wieder höher brennt. Dieses Spiel wiederholt sich bei jedem Temperaturwechsel, wodurch es möglich ist, die Wärme des Wassers zwischen den Thermostatenwänden und daher auch jene (etwas niederere) im Thermostaten selbst ziemlich constant zu erhalten. Reguliren lässt sich der beabsichtigte Wärmegrad durch Höher- oder Tieferstellen der Röhre $r—r_1$ (Verschieben im Korke), durch Nachfüllen oder Wegnehmen von Quecksilber, Verstellen des Hahnes der Gasleitung vor s u. s. w., Dinge, die sich nur durch Selbstprobiren erlernen lassen. Um bei plötzlichen starken Wärmeänderungen (welche auch durch äussere Einflüsse auf den Thermostaten, z. B. Bescheinen durch die Sonne, Eintreten und Verweilen vieler Personen in dem schon an sich bezüglich der Heizung im Winter stets möglichst gleichmässig, z. B. auf 14° C., temperirten Raume, in welchem der Thermostat steht, hervorgerufen werden können) ein Verlöschen der Flamme zu vermeiden, welches ja eintreten müsste, wenn die Quecksilberkuppe die Oeffnung bei g in Folge plötzlichen starken Steigens der Temperatur ganz verschliesst, muss man dem Gase einen Weg neben dem Regulator zum Brenner bahnen, welcher gerade weit genug ist, um das gänzliche Verlöschen zu verhindern. Dies geschieht in dem in Fig. 281 abgebildeten Regulator durch die vorerwähnte ganz feine, in die Glasröhre $r—r_1$ eingeschliffene Oeffnung n, durch welche, auch wenn bei g die Gascommunication ganz versperrt wird, noch Gas genug zum Schlauche s_1 und von da zum Bunsenbrenner gelangt, um diesen nicht verlöschen zu lassen, was, abgesehen von den schädlichen Folgen für die Cultur, auch Gasausströmung im Laboratorium und schwere Unglücksfälle nach sich ziehen könnte.

Bei grösseren Thermostaten bringt man deshalb neben dem regulirten Brenner und knapp an diesem einen kleinen Brenner an, dessen Flämmchen zwar auch bei niederstem Gasdrucke brennt, aber nicht im Stande ist, an und für sich die Temperatur im Thermostaten wesentlich zu beeinflussen. Der Regulator erhält dann auch keine Nothöffnung n im Röhrchen $r—r_1$. Löscht die regulirte Flamme aus, so brennt doch die Nothflamme, und kommt dann durch die sinkende Temperatur wieder Gas zum regulirten Brenner, so entzündet es sich sofort an dem Nothflämmchen.

böden, genügend Raum bietende Anordnung, deren Kosten sammt Thermometer 10 *K* nicht wesentlich übersteigen dürften, wenn man auch alle Bestandtheile derselben neu kauft. *T* ist der grössere Waschtopf, welcher mit der Watte *w* umgeben ist, *t* der kleinere Topf, welcher, anstatt beschwert zu sein, am Auftrieb durch die Häkchen *h* verhindert ist und innen bei *K* die später zu beschreibende Einrichtung für Objectträgerculturen oder sonst eine ähnliche Vorrichtung (etwa ein Eprouvettengestelle mit Reagensglasculturen) aufnimmt. Am grösseren Topfe ist bei *tb* ein Tubulus angebracht, in welchem mittelst Korkes das Thermometer *Th* eingelassen ist. *ho* sind Holzklötze, welche die Böden des grösseren und des kleineren Topfes auseinanderhalten, *zz* die Ziegel, auf denen der grosse Topf steht, *o* ein sehr flaches (damit das Sinken des Oelspiegels beim Abbrennen keine merkliche Distanzänderung der Flämmchen *fl* vom Boden des Topfes hervorruft), mit Rüböl gefülltes Gefäss, in welchem zwei Nachtlichter schwimmen. *W* ist das Wasser zwischen den Wänden der beiden Töpfe, *d* der Deckel des kleineren, *D* jener des grösseren Topfes, *f* die Filzscheibe zwischen den Deckeln. Auf ähnliche Weise hat Migula einen Thermostaten improvisirt, indem er zwei Pappendeckelkisten (Postcartons?) ineinanderschob, deren Wände einen mit Watte auszufüllenden Zwischenraum von circa 5 *cm* zwischen sich lassen, die Kisten auf einen Vierfuss mit einer Tragplatte aus starkem Zinkblech stellte, mit einer Petroleumlampe ohne Cylinder erwärmte und in die Kisten mittelst einer Oeffnung in einem Korke ein Thermometer einsenkte. Die Schwankungen des Apparatthermometers sollen bei Migula's Thermostaten blos 4° C. betragen, doch glaubt Verfasser, dass die cylinderlose Petroleumlampe einen sehr unangenehmen Geruch verbreiten dürfte.

Hier sei bemerkt, dass ebenso kleine Flämmchen wie die Oel- und Petroleumflämmchen auch bei Gasheizung der Thermostaten Anwendung finden. Man schützt sie vor Zugluft durch kleine Glimmercylinder und nennt sie dann „Mikrobrenner". Fig. 288 zeigt einen solchen von R. Siebert mit drei Flämmchen.

Die vorgenannten Improvisationen, wie Esmarch's Brütofen, ferner Migula's Pappendeckel-

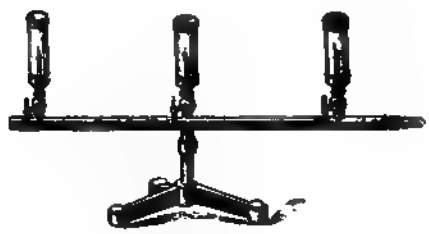


Fig. 288.

Fig. 289.

thermostat, genügen natürlich nur bescheidenen Anforderungen, und wer eines Apparates bedarf, welcher weitgehenderen Ansprüchen entsprechen soll, ohne auf eine Gasleitung rechnen zu können, dem sei der in Fig. 289 halbschematisch gezeichnete Thermostat für Spiritusheizung von Johann Greiner in München empfohlen. *Spb* ist ein geräumiger Spiritusbehälter, welcher auf viele Tage Brennstoff fasst und durch eine eigenthümlich construirte Communication *com* zum Brenner *br* gerade genug Spiritus entsendet, dass die durch Dochtschraube regulirbare Flamme *Fl* genährt wird. Natürlich kann irgend eine andere Heizflamme verwendet werden, weil die Regulirung der Temperatur

Mitteln das Temperaturoptimum der Bakterienculturen herstellen oder erhalten kann, also gerade das Gegentheil von dem, was man bei der Sterilisation bewirken wollte, und wollen hervorheben, dass das Thermometer für den Bakteriologen bei allen seinen Arbeiten eine grosse Rolle spielt. Sogar die Sporenbildung, über welche wir oben bei Besprechung der Sterilisation gehört haben, dass sie bei relativ hohen Temperaturen vor sich geht, bewirken wir künstlich durch allmälige Erhitzung der Culturen mancher Bakterien über 50° C., was entweder mittelst eines der oben beschriebenen Sterilisationsapparate (durch sehr kurze Zeit, da sonst auch die Sporen vernichtet würden) oder noch besser mittelst der Salzwasser- und Oelbäder, welche eine sehr allmälige Erhitzung der in passenden Gefässen in dieselben eingehängten Culturen von Zimmertemperatur bis über 100° C. gestatten, erzielt werden kann.

Wir haben im Vorhergegangenen, nachdem wir weiter oben die Herstellung und Sterilisation der Nährböden, dann die wichtigsten Grundsätze der Infection, namentlich jener am lebenden Thiere, kennen gelernt haben, die wichtigsten Apparate besprochen, welche das Gedeihen der anzulegenden Bakterienculturen durch Schaffung ihres Temperaturoptimums ermöglichen. Man darf aber deshalb nicht glauben, dass nicht sehr viele Culturen auch bei ziemlich verschiedenen Temperaturen, natürlich innerhalb gewisser Grenzen, üppig gedeihen und sich ausserhalb des Thermostaten züchten lassen, so z. B. Milzbrandbacillen; Cholerabacillen gedeihen in Gelatine schon bei relativ niederer Temperatur, auf Kartoffeln erst bei 30° C. oder noch höherer Wärme, so dass man sagen kann, dass das Temperaturoptimum auch nach den angewendeten Nährböden ein verschiedenes ist.

Die meisten saprophytischen Bakterien haben ein Temperaturoptimum, welches zwischen 25 und 30° C. liegt; eine Erdbakterie, Bacillus thermophilus genannt, entwickelt sich schon beim Schmelzpunkte des Eises, erreicht aber ihr Temperaturoptimum erst bei 65—70° C.!

Dies wollte Verfasser vorausschicken, ehe er daran geht, weitere Apparate und Handgriffe zur Cultur von Bakterien zu beschreiben.

Wir werden nun die Züchtungsarten der Bakterien zur Vereinfachung der Uebersicht nach dem Vorgange Dr. Schrank's und anderer Bakteriologen in zwei Hauptarten theilen: 1. die Züchtung unter Luftzutritt (Cultur der aëroben Bakterien); 2. die Züchtung mit Ausschluss der Luft, des Sauerstoffes (Cultur der anaëroben Bakterien).

Beide Züchtungsarten können sich wieder der flüssigen oder der festen Nährböden bedienen. Dementsprechend sind auch die Geräthe und Handgriffe verschieden.

A. Züchtung der aëroben Bakterien in flüssigen Nährsubstraten.

Hier können wir natürlich nur die für den Mikroskopiker wichtigsten Culturmethoden anführen.

1. Die physiologische Methode.

Die Bakterien, welche man nicht züchten will, werden durch ungünstige Einflüsse, wie Temperaturen, Reactionen (Zusätze von Säuren oder Alkalien), am Wachsthum gehindert, so dass sich nur die gewünschte Art entwickelt. Eine solche Methode ist z. B. die fractionirte Sterilisation (siehe oben).

Beispiel: Sputum von Tuberculösen wird auf 65° C. erwärmt. Die anderen Bakterien sterben ab, die Tuberkelbacillen überdauern. Diese Methode wird auch bei festen Nährböden angewendet. Kitasato erwärmt z. B. Agar, auf welches mit geglühtem Platin Eiter aus der Wunde eines an Wund-

Aehnlich wird verwendet die Klebs'sche Glasröhre, Fig. 295, und jene von Brefeld-Hueppe, Fig. 296. An unsere oben beschriebene feuchte Kammer, die wir uns in viereckiger Gestalt selbst anfertigen können, erinnert der Ranvier-Prazmowsky'sche Objectträger, Fig. 297 $o—o_1—o_2$ ist ein eigenthümlich geschliffener Objectträger, auf welchen mit Vaselin das Deck-

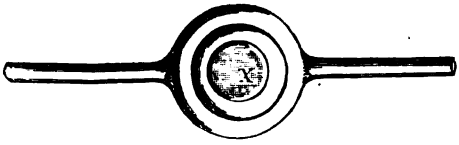


Fig. 293.

Fig. 294.

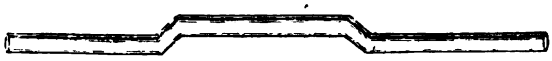


Fig. 295.

Fig. 296.

Fig. 297.

glas *d* kommt, an welchem zwischen *d* und o_1 der zur Cultur benützte Tropfen *t* hängt. Bei *l* kann man Luft zutreten lassen.

Diese Instrumentchen werden mit Aether und sterilisirtem Wasser nach Gebrauch ausgewaschen. Nimmt man grosse Deckgläser, z. B. Siebert's 22 *mm* C, so kann man bequem mit homogenen Immersionen untersuchen. Sehr schöne Bilder erhielt ich mit einer $^1/_{12}$" Brennweite haltenden homogenen Immersion von Reichert in Wien (sogenanntem „Semiapochromaten"), ferner mit einer $^1/_{15}$" neuconstruirten homogenen Immersion von Louis Merker, XVIII. Czermakgasse 15, welche durch eine besonders geschickte Form der Frontlinsenfassung gestattet, mit stecknadelkopfgrossen Cedernholzöltropfen zu arbeiten, was für das Betrachten lebender Objecte in feuchten Kammern sehr bequem ist, da man nicht in Gefahr kommt, dass das Immersionsöl in die feuchte Kammer eindringt und die Cultur stört.

Eine Leitz'sche homogene Immersion ($^1/_{12}$") leistete noch Dienste, selbst wenn man relativ starke Deckgläschen (von 0·18 Dicke) anwendete. Man kann also mit diesen Hilfsmitteln lebende Bakterien züchten und unter den stärksten Vergrösserungen deren Entwicklung verfolgen.

B. Aërobe Cultur in festen Nährböden.

Es wird die Cultur in Flüssigkeiten, wie schon oben erwähnt, heute nur mehr selten angewendet. Meist wendet man die oben beschriebenen festen Nährböden an. Bevor wir meritorisch auf die Culturmethoden eingehen, wollen wir gleich erwähnen, dass man die festen Nährböden entweder in Reagensgläser, in die Petri'schen Schalen, ferner in eigenthümliche Culturgefässe, wie z. B. die Kowalski'schen Culturkolben, die Lipez'schen und Kamen-schen Behälter, geben — und wer sich dafür näher interessirt, findet in den Preiscouranten der Fachgeschäfte Abbildung und Preise aller dieser Geräthe — oder aber auf Platten bringen kann. Uns interessiren namentlich deshalb die Platten, weil auch Objectträger als Culturplatten verwendet werden können und namentlich bei transparenten Nährböden eine unmittelbare Beobachtung der lebenden Culturen ermöglichen. Wie ein Reagensglas aussieht, weiss Jedermann, ich brauche es also nicht abzubilden.

wird das Ganze regelmässig gedreht. Auch hier ist die Vergrösserung der Fläche des Nährbodens der Zweck des Verfahrens.

2. Culturschalen.

Die in Fig. 298 oben abgebildeten Culturschalen werden im Nivellirgestelle mit dem erstarrenden Nährsubstrate beschickt oder Kartoffeln u. dergl. in Scheiben eingebracht. Alles wird gut sterilisirt und dann geimpft (siehe oben „Infection").

3. Culturplatten.

a) Objectträgerculturen nach Koch.

Auf dem Nivellirgestell wird unter allen Cautelen auf einem Objectträger das transparente Nährsubstrat, meist etwas Gelatine, ausgegossen, dann inficirt und in den Glassturzapparat, „feuchte Kammer" genannt (in Fig. 287 im Thermostaten), gebracht. Die aufkeimenden Culturen können unter dem Mikroskope beobachtet werden,[1]) auch wenn man nur im Besitze eines kleineren Mikroskopes ist, auf dessen Tisch grössere Culturgeräthe keinen genügenden Platz finden würden.

b) Koch's eigentliche Plattenculturen.

Zu Plattenculturen wird wohl am häufigsten Gelatine oder Agar-Agar verwendet. In ein mit dem betreffenden Nährsubstrate gefülltes Reagensglas bringt man unter Erwärmen und Hin- und Herbewegen des Ganzen die inficirte Platinnadel (siehe oben Abschnitt „Infection").

Aus dem in dieser Weise inficirten Reagensgläschen entnimmt man mit einer ausgeglühten Platinöse drei Proben und bringt diese in ein zweites, bis zum Schmelzen des Nährsubstrates erwärmtes Reagensglas. Aus diesem letzteren entnimmt man wieder drei Oesen und impft ein drittes Reagensgläschen. Man bereitet sich die viereckigen, gewöhnlich 10 *cm* langen und 6—8 *cm* breiten Platten vor, indem man sie am besten sammt den Glasbänkchen 20 Minuten im Trockenschranke sterilisirt und auf dem Nivellirgestelle abkühlen lässt, und giesst dann den Inhalt der drei Eprouvetten auf je eine Platte aus. Nach Erstarrung unter der Glasglocke kommen die Platten auf den Glasbänkchen in die „feuchte Kammer" und dann in den Thermostaten. Man kann natürlich auch mehr als drei Verdünnungen machen. Diese haben den Zweck, bei sehr keimreichem Materiale (was man ja bei diagnostischen Untersuchungen früher nicht weiss) noch genügend isolirte Culturen hervorwachsen zu lassen. Man kann natürlich die Verdünnungen anstatt mit Oesen auch mit anderen grösseren Mengen machen. Immer bleibt das wesentliche Moment die Verdünnung, damit man auf einer Platte schliesslich blos wenige, leicht von einander zu unterscheidende Culturen erhält.

4. Kölbchenculturen nach Erlenmeyer, Kowalski etc.

Die Kölbchen werden sterilisirt, der sterilisirte Nährboden eingegossen, so dass er in dünner Schicht den breiten Boden des Kölbchens (Fig. 299 und 300) bedeckt, neuerlich sterilisirt, geimpft, mit Watteverschluss zum Erstarren und in den Thermostaten gebracht.

Da die Entnahme von Material und die directe mikroskopische Untersuchung schwierig ist, haben für den Mikroskopiker diese Culturen weniger Interesse. Dr. Kowalski hat jedoch eine solche Dexterität erlangt, dass er mit seinen, gegen eine unerwünschte Fehlinfection grösste Sicherheit bietenden Kölbchen rasch und sicher alle Untersuchungen bewältigte.

Wir wollen jetzt ein Beispiel von Untersuchung mit Hilfe von Rein-

[1]) Versieht man die Objectträger schon in der Glasfabrik mit aufgeschmolzenen Glasplatten aus 0·4 *cm* starkem Spiegelglase (Marpman), so kann man in die entstandenen Zellen die Gelatine eingiessen und durch Deckgläser schützen.

Dies ist eine Glasplatte von 17 cm^2 mit Quadratcentimetertheilung mit schwarzer Unterlage. Auf diese Vorrichtung legt man die Culturplatte auf und zählt die Anzahl der Colonien auf der Flächeneinheit oder mehreren Einheiten.

Fig. 304.

Hat man mit dem Mikroskope bei circa 100maliger Vergrösserung eine Colonie, die als kaum stecknadelkopfgrosses Fleckchen erscheinen kann, als Choleracolonie zu erkennen geglaubt, so gilt es nun, gerade dieser Colonie Proben zu weiterer Untersuchung zu entnehmen. Dr. Schrank hat hiezu einen Bakterienstechapparat für Mikroskope mit Revolver erfunden, welcher bei Reichert, aber auch bei L. Merker und bei F. Ebeling zu haben ist. Er besteht aus einer Objectivsystemfassung mit Hartnack'schem oder englischem Gewinde, in welchem anstatt der Glaslinsen eine Hülse mit Feder sitzt, gegen welche Feder eine Platinnadel drückt, die etwas aus der Objectivöffnung herausragt. Hat man nun mit einem schwachen Objectivsystem die Cultur auf der Platte gefunden, so dreht man den Tubus in die Höhe und schlägt den Revolver, an welchem sich genau centrirt neben dem Untersuchungssystem noch mindestens der Schrank'sche Bakterienstecher befindet, um und nun steht der Bakterienstecher centrisch über der verdächtigen Colonie. Geht man nun mit dem Tubus herab, bis die Platinnadel von der Feder in der Hülse der objectivartigen Fassung des Bakterienstechers gegen die Colonie gedrückt wurde und wieder zurückweicht, so ist es klar, dass die Platinnadel mit den Bakterien der verdächtigen Colonie und gerade nur von dieser inficirt ist.

Man kann nun mit dieser Nadel Stichculturen in mit Nährsubstrat gefüllte Eprouvetten machen, kann „hängende Tropfen" unter starke Systeme des Mikroskopes bringen und hier die Choleravibrionen als schraubenartige kurze Fäden, die sich mückenschwarmartig lebhaft bewegen,[1]) beobachten (Hueppe) u. s. w. Kurz, man hat eine Probe von der Reincultur. Wer, was allerdings heute in Oesterreich selten ist, an seinem Mikroskope keinen Revolver haben sollte, der kann sich der sogenannten Praussnitz'schen Abimpf-Vorrichtung (Fig. 305) bedienen. Der halbirte Reifen *r* wird mittelst der Schraube *s* um den unteren Theil des Tubus *t* befestigt, an welchem das schwache Objectiv *o* sitzt. An der Leiste *l* des Apparates sitzt eine Fahne aus Metall *f*; man visirt nun die Platte, die Cultur *c* verschiebend, hin und her, bis die verdächtige Stelle im Gesichtsfelde ist. Nun bringt man eine gewöhnliche Platinnadel *p* in den Einschnitt der Metallfahne bei *x*, und sich an den Apparat stützend, kann man der Reincultur eine Probe entnehmen.

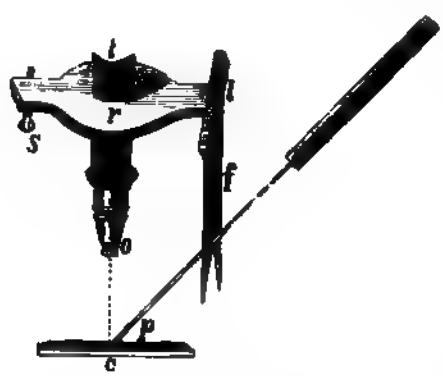


Fig. 305.

Legt man bei Choleracolonien Stichculturen in Eprouvetten an, so ist das Wachsthum sehr charakteristisch. Es gibt einen dem echten Cholerakeime ähnlichen Kommabacillus, nämlich den Finkler-Prior'schen, und dieser findet sich auch in Stühlen. Um ihn nun vom echten Kommabacillus zu unterscheiden,

[1]) Sie haben als Bewegungsorgan eine endständige Geissel, die sich mit Löffler's Beize färben lässt, wenn man $^1/_2$—1 Tropfen Schwefelsäure zu 16 cm^3 Beize zusetzt (vergl. oben bei den Tinctionen)

Die Anfertigung mikroskopischer Dauerpräparate.

Wir haben oben S. 178 u. ff. dieses Leitfadens die Herstellung mikroskopischer Präparate besprochen. Nicht alle diese Präparate wird der Praktiker, nachdem er aus ihnen die gewünschte Belehrung geschöpft, aufbewahren, sondern nach entsprechender Verwerthung des Gesehenen das Object von dem Objectträger oder Deckglase abwaschen und Objectträger und Deckglas nach sorgfältiger Reinigung anderweitig verwenden. Viele Präparate aber wird der Praktiker nicht nur aus Freude, dass sie besonders gelungen sind, sondern vielleicht auch als Beweismittel und Muster für die Zukunft aufbewahren wollen. Präparate, die derart hergestellt sind, dass sie sich dauernd aufbewahren lassen, nennt man Dauerpräparate. Wir haben oben zahlreiche Präparate kennen gelernt, die sich dauernd aufbewahren lassen. Alle die zahlreichen Bakterien-Deckglas-Trockenpräparate, die auf S. 266 u. ff. dieses Buches besprochen wurden, sind haltbar, sobald man sie schliesslich, wie an citirter Stelle beschrieben wurde, in Canadabalsam einlegt und — um das Verblassen der angewendeten Anilinfarben zu vermeiden — im Dunkeln aufbewahrt. Auch das in Fig. 178 auf S. 239 dieses Leitfadens abgebildete Canadabalsampräparat ist haltbar, ebenso Schnittpräparate, die, wie schon S. 240 angegeben wurde, in Canadabalsam oder Damarlack eingeschlossen wurden, wenn man ihnen Ruhe liess, bis der Canadabalsam, respective Damarlack wenigstens am Rande des Deckglases erhärtete, was (ohne Anwendung von Wärme) in frühestens drei Wochen in verlässlicher Weise der Fall ist. Im Trockenschranke geht es schneller, ja man kann, wenn die gelbliche Farbe nicht stört, den Canadabalsam durch vorsichtiges Erhitzen eindicken, bis er fast fest ist, und dann mit erhitztem Glasstabe einen Tropfen auf das auf dem Objectträger befindliche Object bringen und das Deckglas auflegen, worauf die Erhärtung in einigen Stunden vollendet ist. Derlei Kunststücke sind aber, da bei ihnen zartere Objecte sehr leiden, im Allgemeinen nicht zu empfehlen, denn gerade Dauerpräparate sollen tadellos in jeder Hinsicht sein, da sich ja sonst ihre Aufbewahrung nicht lohnt. Präparate, die ohne Umrahmung in nicht erhärtende Fluids, somit ohne Luftabschluss eingelegt sind — also z. B. Gewebsschnitte mit oder ohne Deckglas in Glycerin liegend — sind begreiflicherweise nicht haltbar, einmal verderben sie ohne besondere Behandlung durch Verstauben oder Verschimmeln, ein andermal sogar durch Fäulniss. Wie ich durch Versuche festgestellt habe, faulen z. B. Fischmuskeln im Hochsommer selbst in dem zur Aufbewahrungsflüssigkeit eigens hergerichteten Glyceringemisch (reines Glycerin wirkt für manche zarte Objecte zu stark aufhellend und vermindert dann die Sichtbarkeit feiner Contouren), bestehend aus 40 *ccm* Glycerin, 25 *ccm* absoluten Alkohols, 100 Wasser, wenn sie nicht von der Luft abgeschlossen sind. Von der Art dieses Abschlusses soll bald die Rede sein. Vorläufig wollen wir hervorheben, dass bei der Anfertigung von Dauerpräparaten im Allgemeinen schon viel sorgfältiger vorgegangen werden muss als bei blos für vorübergehende Betrachtung bestimmten Präparaten. Bei jedem Präparate sollen z. B. Luftblasen vermieden werden, aber bei einem zu vorübergehender Betrachtung bestimmten Präparate ist eine Luftblase noch eher mit Gleichmuth hinzunehmen, eine Luftblase in einem Dauerpräparate ist dagegen sehr störend, da sie, besonders wenn sie in der Mitte liegt, wo selbst Canadabalsam erst nach Jahren erhärtet, abgesehen von der optischen Störung (vergl. S. 146 u. ff.), durch ihre Tendenz, sich in der Wärme auszudehnen, die Flüssigkeit, in der das Object liegt, gegen den Rand des Deckglases zu treibt und hiedurch mitunter zur Eröffnung des bald zu besprechenden Verschlussrahmens Anlass gibt. Um den Leser über die Dauerpräparatherstellung zu orientiren, wollen wir zu-

[illegible] [illegible] [illegible] zu erzeugen. [illegible] präparirt das Mikroskop präpariren. Entsprechend [illegible] 197, 215 und 216 erwähnte Gefriermeth [illegible] geeignetes Dauerpräparate von solchen Neubildungen [illegible] zum Theil [illegible] Schmutz, Blut etc. durch Auswaschen [illegible] Wasser [illegible] und mittelst eines Tropfens destill [illegible] unter Zwischenlage eines dicken Stückes Filtrirpapier Fliesscart [illegible] auf einem Korke [illegible] die Methode, die auf S. 197 beschrieben [illegible] messer als Schneidewerkzeug, angewendet wird -- zum Anfrie [illegible] oder auf ebensolche Weise (mit Papierzwischenlage) auf dem F [illegible] des Mikrotoms (Fig. 155, 156).

Die Papierzwischenlage ist nöthig, da sonst das Eis in das tropfen durch das Gefrieren verwandelt wird, beim Schneiden schneidenden Objecte von seiner Unterlage durch das Messe werden würde. Das Messer darf beim Schneiden mit dem Gefr weder mit Wasser noch mit Alkohol befeuchtet werden. Leide frischen Präparate, wenn es gefriert, sehr leicht die unf und feinere histopathologische Untersuchungen werden daher du Gefrierenlassen des frischen Objectes **nicht** gemacht werden k

Man hat daher auch bei den Gefriermethoden eine besser der ursprünglichen Lage der Gewebsbestandtheile und der For durch Fixirung mit **Formol** zu erreichen gesucht, um die Raschheit und Einfachheit der Gefriermethode mit der schonen behandlung anderer Methoden zu vereinigen. Wie wichtig eine ra zur Herstellung von Dauerpräparaten unter Umständen in der P kann, zeigte die Kehlkopferkrankung des deutschen Kaisers Prof. **Orth** soll in wenigen Stunden von dem exstirpirten Keh nach einem noch nicht veröffentlichten Verfahren eine lückenlos hergestellt und zu einer grossen Anzahl von Dauerpräparaten haben, die dann die Controle durch andere namhafte Histopath die behauptete gutartige Natur der durch Operation beim deut entfernten Neubildung ermöglichten. Aehnliche rasch zum Zi Methoden waren schon bekannt und in der ärztlichen Praxis üb Büchlein »Mikroskopische Technik der ärztlichen Spr von Dr. **Paul Meissner** in Berlin (Leipzig, Verlag von Georg T finden sich derartige Methoden angegeben. Oft genügen zur Di Schnitte an einem Dauerpräparate in Canadabalsam eingelegt ver können und dann kann man mit geringem Zeitaufwande von einer ein bewahrbares Dauerpräparat herstellen. Eine solche Metho dem Buche [illegible] Dr. R. (Verlag von [illegible] Wien [illegible] Method

Pa [illegible] Schnitt auf minute [illegible] das käuf besteht [illegible] [illegible] kann k [illegible] [illegible]

und mit 1 *ccm* Formol versetzt), wodurch man sehr rasch ein Dauerpräparat, z. B. von einer Neubildung, herstellen kann.

Nimmt man zum Einlegen Canadabalsam, wie man ihn entweder in Terpentinöl, in Chloroform oder in Xylol käuflich in jeder Handlung mikroskopischer Reagentien erhält, so muss der Schnitt zuerst entwässert werden, denn Wasser und Canadabalsam geben eine trübe Emulsion. Der Schnitt kommt zur Entwässerung am besten in absoluten Alkohol, doch genügt ein Einsenken in ein wenigstens ein Viertelliter fassendes Glas mit starkem, 80—90%igem Weingeist auf eine halbe Minute. Da aber auch Alkohol sich mit Canadabalsam nicht ohne Trübung mischt, so muss der Schnitt noch auf circa 15—20 Secunden in Carbolxylol kommen. Carbolxylol, ebenfalls in Handlungen mikroskopischer Reagentien erhältlich, mischt sich nämlich in klarer Lösung sowohl mit dem Alkohol als auch mit dem Canadabalsam. Es dient gleichzeitig als Aufhellungsmittel.

Aehnlich wirken Xylol, Nelkenöl, Origanumöl und andere ätherische Oele. Am raschesten soll aber Carbolxylol wirken und dabei die Farben des Präparates nicht angreifen. Man kann auch die Entwässerung umgehen, wenn man als Einschlussflüssigkeit Glycerin, respective eine Glycerinmischung oder sonst eine wässerige Substanz anwendet. Doch bedürfen solche mit nicht erhärtenden Einschlussmedien verfertigte Präparate einer besonderen Einrichtung, die erstens den Flüssigkeitstropfen um das Präparat herum festhält und zweitens das Verdunsten, Verstauben und Verderben durch hermetischen Abschluss von der Aussenluft verhindert.

Dieser Abschluss wird dadurch erreicht, dass man das Object oder etwa die die Objecte suspendirt enthaltende Flüssigkeit in ein Gefäss einlegt, welches auf dem Objectträger selbst hergestellt wird, indem man einen Ring (aus Paraffin, Ceresin oder Harzgemischen, am häufigsten aus einem geeigneten Lack [„Lackzelle“] verfertigt) auf der oberen Glasfläche des Objectträgers anbringt, welcher also die erwähnte Glasfläche zum Boden hat und das Deckglas als Deckel erhält, worauf auch das Deckglas am Rande mit dem Ringe durch ein erhärtendes Medium, meistens demselben, aus dem der Ring besteht, dicht verbunden wird.

Bei sehr kostbaren Präparaten, z. B. Diatomeenprobeplatten mit Monobromnaphthalin als Einschlussflüssigkeit, wird wirklich ein flacher Ring aus Glas, welcher fabriksmässig durch Schleifen eines Loches in ein Deckglas hergestellt wird und in allen Handlungen mikroskopischer Utensilien als „Glaszelle“, „Glasring“, „gebohrte Deckgläser“ etc. zu haben ist, mittelst Canadabalsam auf dem Objectträger befestigt, also eine Art feuchter Kammer geschaffen, in welche die Einschlussflüssigkeit, die das Object umgibt, kommt und welche mit Vermeidung von Luftblasen mit dem Deckglase bedeckt und durch Canadabalsam oder einen zähen Lack um den Deckglasrand herum abgedichtet wird. Der Praktiker wird selten in die Lage kommen, derlei mit Glaszellen ausgestattete Dauerpräparate herzustellen. In der Praxis handelt es sich meist darum, rasch und billig interessante und beweiskräftige Objecte zu conserviren.

Nehmen wir wieder unseren obigen Schnitt zum Ausgangspunkt. Nach entsprechender Färbung und guter Auswässerung kommt derselbe, wenn man ein Dauerpräparat im Glyceringemisch aus ihm herstellen will, in ein Blockschälchen, welches gleiche Theile Wasser und reines, säurefreies Glycerin,[1]) wie solches in den Handlungen mikroskopischer Reagentien erhältlich ist, enthält, damit er sich mit Glycerin durchzieht.

---

[1]) Bei Anilinfarben. Carmintinctionen halten sich besser, wenn man säurehältiges Glycerin anwendet, z. B. mit Salzsäure (500 : 1) versetztes.

Will man ein Uebriges thun, so kann man die Ceresin- oder Paraffinrahmen noch mit sehr dickem Eisenlack (Asphaltlack) überziehen. Ist der Lack dünnflüssig, so löst das Terpentinöl, welches der Asphaltlack enthält, die Fettstoffumrahmung auf.

Hat man es nicht eilig, so nimmt man von vorneherein Asphaltlack statt des Ceresins, Paraffins u. s. w. oder verwendet letztere festwerdenden Fettstoffe nur zum „Heften" des Deckglases. Die käuflichen oder auch in Instituten verfertigten Dauerpräparate, die für Sammlungen bestimmt sind, werden meist ganz ohne Zuhilfenahme von Fettstoffumrahmungen oder Fettstoffheftung verfertigt. Man taucht einen mittelstarken, gespitzten, im Hefte sehr sorgfältig gefassten Haarpinsel in den Asphaltlack, der, wenn zu dick, mittelst Terpentinöls (Wr.-Neustädter) auf die Consistenz des frischen Honigs gebracht werden muss, und verfährt beim Ziehen des viereckigen Lackrahmens mit dem Pinsel ganz so, wie vorhin bezüglich des Allerseelenkerzchens angegeben wurde, selbstverständlich darf man den Pinsel nicht anzünden.

Fig. 311 veranschaulicht das Ziehen des viereckigen Asphaltlackrahmens. Man kann sich auch solche Lackzellen auf Objectträgern mit verschiedener Höhe des Lackwalles im Vorrathe (zu den benützten Deckglasgrössen und der Dicke der aufzubewahrenden Objecte passend) anfertigen. Ist der Lackrahmen zu nieder, so kann ein zweiter oder dritter Ueberzug mit Lack, den man vor Auftragen des folgenden trocknen lässt, die gewünschte Höhe erreichen lassen. Beim Gebrauche wärmt man die Lackzelle etwas an, indem man den Objectträger über einer nicht russenden Flamme oder dem Cylinder einer brennenden Lampe hin- und herzieht, damit sich der Lack etwas erweicht, bringt das Object in der geeigneten Einschlussflüssigkeit, die auch hier so bemessen sein soll, dass sie den Lackrahmen gerade erfüllt, auf den Objectträger, legt das durch die Flamme gezogene blanke Deckglas auf, drückt es leicht an und trachtet etwa doch vorhandene Luftblasen gegen den Rand zu treiben. Dies zu erlernen ist Sache der Uebung, die beste Beschreibung hilft hier so wenig, als etwa beim Erlernen des Schlittschuhlaufens.

Fig. 311.

Leichter und eleganter sind mit Fettstoff- oder Lackring versehene Dauerpräparate anzufertigen, wenn man sich runder Deckgläser, besonders solcher mittlerer Grösse, z. B. 18 *mm*, bedient. Die meisten käuflichen Präparate sind mit runden Deckgläsern versehen. Als Material zum Fettstoffring verwendet man auch hier sehr zweckmässig die schon oben erwähnten Allerseelenkerzchen. Dieselben gestatten, sie in geschilderter Weise als Pinsel zu benützen, nur wendet man zur raschen und tadellosen Herstellung der Fettstoff- oder Lackzelle bei runden Deckgläsern die Dreh-

weiter unten beschrieben werden, an und kann die Luftblasen leichter durch Herausdrücken entfernen. Man habe z. B. einen Schnitt aus einer pathologisch interessanten Leber zu conserviren. Nachdem er gefärbt ist, kommt er in Alkohol, dann in absoluten Alkohol, von da in Carbolxylol, in Nelkenöl oder dergl. und von da in Canadabalsam oder ein sonstiges harziges Einschlussmittel, welches stark mit Terpentingeist, Xylol, Chloroform etc. verdünnt ist. Dann, bis keine Luftblasen mehr aufsteigen, bringt man ihn in einem Tropfen syrupdicken Canadabalsams auf den Objectträger, legt ein passendes rundes Deckglas auf und gibt das Ganze in die Presse. Diese Presse zeigt Fig. 313 in der Form, wie Siebert sie für sechs Präparate liefert. In einer Art Eprouvettengestell stehen Bleicylinder oder Messingrohre, die mit Schrot gefüllt sind, unter deren untere Spitzen man die Präparate mit dem Deckglas nach oben legt, bis sie trocknen. Sehr praktisch sind zu diesem Zwecke auch die sogenannten „Clips", federnde Metalldrähte, welche bei Siebert zu haben sind und mittelst welcher das Präparat an richtiger Stelle zwischen Deckglas und Objectträger angepresst wird. Fig. 314 zeigt einen solchen Siebert'schen Clips.

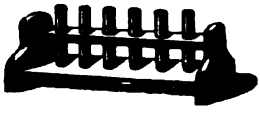


Fig. 313.

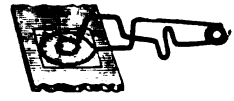


Fig. 314.

Nach dem Trocknen unter der Presse oder unter dem Clips pflegt man bei Präparaten, bei denen die Uebertragung von absolutem Alkohol in Nelkenöl, dann in verdünnten Canadabalsam und dann in den gewöhnlichen Canadabalsam von Syrupconsistenz erfolgte, selten Luftblasen zu finden. Das Trocknen dauert meist wochenlang. Dann putzt man die Ränder der Deckgläser mit einem Messer unter stetem Abspülen mit Terpentingeist ab und erhält so Präparate, bei denen das Object wie in Krystall eingeschlossen liegt. Will man das Trocknen beschleunigen, so muss man mehr Canadabalsam nehmen und den Objectträger erwärmen, bis der Canadabalsam dampft, ja nicht bis er kocht!

Auf ähnliche Art kann man auch Schmetterlingsschuppen, Mineralschliffe u. dergl. in Canadabalsam einschliessen, Schuppen, Pollenkörner, Federn u. dergl. kann man allerdings auch ganz ohne Flüssigkeit auf das leicht angehauchte Deckglas bringen, so dass sie haften, und dasselbe ohne jede Flüssigkeit auf den Ring von Fettstoff oder Lack umstürzen und überlackiren. Solche Präparate nennt man Trockenpräparate, nicht zu verwechseln mit den Deckglas-Trockenpräparaten der Bakteriologie, welche nicht trocken, sondern in Canadabalsam, Cedernöl u. dergl. betrachtet und conservirt werden.

Uebrigens besitzt jeder Zweig der Histologie, Pathologie, Zoologie, Botanik, Mineralogie u. s. w. seine eigene Technik so wie in der Herstellung von Präparaten überhaupt, so auch in der Herstellung von Dauerpräparaten. Besonders reich ist der Wechsel an Einschlussmitteln, von denen eine kleine Uebersicht weiter unten gegeben werden wird. Viele Pathologen ziehen dem Canadabalsam den Damarlack vor, obgleich er viele Monate braucht, um auch nur am Rande hart zu werden, weil er die zarten Contouren deutlicher erscheinen lässt als Canadabalsam. Die Nervenpathologen nehmen als Einschlussmittel Colophonium in Benzol gelöst. Entomologische Dauerpräparate (von Insecten) stellt man her, indem man chitinreiche Objecte in 10%iger Kalilauge gut macerirt, dann in neuer Lauge kocht, hierauf in destillirtem Wasser abspült, durch Alcohol absol. und Nelkenöl in Terpentin bringt, auf dem Objectträger etwa unter dem Lupenschemel (Fig. 86) mit Hilfe von Nadeln, Lancette und Pincette, eventuell feinen Scheerchen herrichtet, dann

einen Tropfen Canadabalsam daraufbringt und in der Presse oder Clips mit dem Deckglase versieht. Chitinarme Objecte (z. B. Eingeweide einer Fliege u. dergl.) werden nach Anheften der Fliege mittelst Nadeln in einer Schüssel, deren Boden mit schwarzem Wachs (Gemenge gleicher Gewichtstheile Kienruss und Wachs) ausgegossen ist, unter Wasser herausgenommen, dann in stets concentrirterem Acid. acet. glac. von 1%, 5%, 10%, 20%, 50% (fünf Lösungen) nach und nach aufgehellt und in Glycerin (mit Lackring) verwahrt. Dies sind nur Beispiele. Näheres kann man in Fachwerken über die einschlägigen Objecte nachlesen. Ein treffliches, allerdings älteres, jedoch ziemlich allgemein gehaltenes Hilfsbuch ist Otto Bachmann, Leitfaden zur Anfertigung mikroskopischer Dauerpräparate, München, R. Oldenburg, 1879.

Uebrigens hat seither die mikroskopische Technik grosse Fortschritte gebracht. Glycerin und Canadabalsam genügen nicht mehr.

Da Gegenstände mit zarten Contouren in stark lichtbrechenden Medien verschwinden, andererseits aber andere Objecte ihren inneren Bau erst in stark lichtbrechenden Beobachtungsflüssigkeiten (vergl. S. 125) enthüllen, so hat man seit jeher die verschiedensten Chemikalien als Beobachtungs- und Conservirungsflüssigkeiten empfohlen.

Bevor wir die wichtigsten derselben durchgehen, wiederholen wir, dass man Glycerin früher in Undinen, Fig. 315, aufbewahrte, aus denen man die Tropfen nach Bedarf ausfliessen liess (Harting). Heutzutage bewahrt man die Beobachtungsflüssigkeiten in Stiftfläschchen mit und ohne Kappen auf, wie solche bei Siebert in allen Grössen zu haben sind. Canadabalsam hat man auch in Tuben aus Zinn verwendet. Fig. 316 zeigt ein Stiftfläschchen für Glycerin,


Fig. 315.


Fig. 316.


Fig. 317.


Fig. 318.

Fig. 317 für dünnflüssigere Beobachtungsflüssigkeiten, Fig. 318 ein solches für Canadabalsam. Fig. 317 und 318 haben Kappen, um die Verdunstung und das Verstauben hintanzuhalten, Fig. 316 einen trichterartigen Hals, um das Zurückfliessen des am Stifte haftenden überschüssigen Glycerins zu befördern (vergl. oben S. 188).

Das Glycerin wird, wie schon erwähnt, rein oder gemischt mit Wasser und Alkohol verwendet. Auch Zusätze von anderen conservirenden Substanzen kommen vor. Eine solche ist Sublimat.

In Sublimatwasser 1 : 200 oder 1 : 300 erhalten sich sogar menschliche Blutkörperchen in ihrer scheibenförmigen Form (sogenannte Harting'sche Blutflüssigkeit). Heikle thierische Objecte gibt man daher in Glycerin 80 *ccm*, Aq. dest. 80 *ccm*, Sublim. 1·00 *g*.

Ohne Glycerin zubereitet ist die früher viel verwendete Goadby'sche Flüssigkeit, bestehend aus Kochsalz 120 *g*, Alaun 60 *g*, Sublimat 0·25, kochendes Wasser 2·33 *kg*. Viele Präparate dunkeln in ihr sehr nach. Zarte pflanzliche Objecte vertragen sehr gut Glycerin 40 *ccm*, Alcohol absol. 25 *ccm*, Aq. dest. 100 *ccm*, Chlorcalcium 20 *g*. — Sehr undurchsichtige Objecte werden mit der Zeit klar in:

Glycerin	80 *ccm*
Absol. Alkohol	40 *ccm*
Aq. dest.	50 *ccm*
Carbolsäure	3 *g*

Als erstarrende Conservirungsmittel dienen Glycerin-Gelatine und Glycerin-Gummi. Erstere besteht aus Aq. destill. 42 *ccm*, Glycerin 38 *ccm*, Gelatine 7 *g*, Carbolsäure 1 *g*[1]) und wird am besten so verwendet, dass man kleine Reagensgläser mit derselben füllt, im Gebrauchsfalle ein solches erwärmt, bis der Inhalt flüssig wird, und dann einen Tropfen auf den Objectträger gibt, in welchen dann aus Wasser oder Glycerin das von Luft befreite Object und darauf ein Deckglas kommt. Ein Clips empfiehlt sich auch hier als Pressmittel. Die Erstarrung tritt sehr bald ein. Der Ueberschuss wird mit Wasser und Messer entfernt und dann erst ein Lackring angebracht.

Setzt man der Glycerin-Gelatine auf 50 *g* 40 *g* Zinnchlorid (in concentrirter Lösung) zu, so erhält man ein Medium von hohem Brechungsindex (1·7).

Glycerin-Gummi (ein 60 *ccm*-Glas füllt man zu $^2/_3$ mit Gummi arab. electiss., bedeckt mit Wasser, welches 10% Glycerin und 3% Chloralhydrat enthält, und schüttelt öfter um; nach einigen Tagen filtrirt man) wird wie Glycerin angewendet, nur dass es im Lackring erstarrt. Anilinfarben halten sich darin nicht.

Farrant's Gemisch enthält Glycerin, arab. Gummi und eine wässerige Lösung von arseniger Säure zu gleichen Theilen.

Canadabalsam (Tereb. canad.) ist Harz von Pinus balsam., Pinus canadensis oder Abies Traversi entweder in Terpentingeist, in Chloroform oder in Xylol gelöst, bis es Honigdicke annimmt. Xylolbalsam trocknet fast am raschesten. Auch Benzolbalsam wird sehr gerühmt. Mischungen von Monobromnaphthalin und Canadabalsam sind ebenfalls sehr oft von Diatomeenforschern benützte Einschlussmittel.

Damarlack muss sehr alt und abgestanden sein, um halbwegs fest zu werden, und obwohl er für anatomische Präparate sehr im Schwange ist, kann ich ihn zu Dauerpräparaten nicht empfehlen, da sie eben immer verschiebbar bleiben. Nur für sehr zarte pflanzliche Objecte, welche mit Anilinfarben tingirt wurden, z. B. sogenannte Kerntheilungsfiguren aus der Morphologie und Histologie der Pflanzen, soll nach W. Behrens der Damarlack dem Canadabalsam vorzuziehen sein.

Man kann sich ihn selbst darstellen, indem man Damarharz zerstösst und das Pulver 24—30 Stunden bei einer Temperatur von 35—40° C. im Trockenschranke in der zehnfachen Gewichtsmenge Terpentingeist (Ol. Terebinth. rectific.) auflöst, filtrirt und den Ueberschuss an Terpentin durch längeres Stehen des offenen Gefässes unter einer Glasglocke verdunsten lässt, bis die Lösung wenigstens honigdick ist.

Colophonium (Geigenharz, beste, glashelle, schwachgelbliche Sorte) ist in Alkohol, Benzol, Petroleumbenzin, Terpentinöl und Xylol löslich und wurden diese Lösungen besonders zum Einschlusse pathologischer Nervendauerpräparate benützt. Prof. Nissl in Heidelberg löst in einem circa 50 *g* fassenden Opodeldocglase das Colophonium in gepulverter Form in der Weise auf, dass er das Gläschen zur Hälfte mit dem Pulver, zur anderen Hälfte mit Xylol füllt, die sich bildende oberflächliche klare Schicht vom Bodensatze abgiesst und bis zur gewünschten Consistenz das Lösungsmittel abdunsten lässt. Bei Anwendung wird der Objectträger erwärmt. Dieses harzige Einschlussmittel lässt die Umrisse der Objecte sehr klar hervortreten. Wie gesagt, es benützen die Forscher sowohl als die Praktiker auf den verschiedenen Gebieten verschiedene Einschlussmittel. Auf alle bekannten hier

[1]) Man weicht 7 *g* Gelatine zwei Stunden lang in 42 *g* Wasser ein, setzt circa 50 *g* Glycerin und 1 *g* Acid. carbol. albissimum cryst. zu, erwärmt unter fleissigem Umrühren eine Viertelstunde und filtrirt im sogenannten Heisswassertrichter (ein in Handlungen chemischer Gerätschaften erhältlicher doppelwandiger Filtrirtrichter, bei welchem in den Zwischenraum zwischen den Wänden kochendes Wasser gefüllt wird) über Glaswolle.

2. Reflexion: Spiegel unter obigem Winkel geneigt ohne Metallbelegung, z. B. aus schwarzem Glase.

3. Doppelbrechung: *A*. Platten aus den hexagonalen säulenförmigen Krystallen des Turmalin geschliffen;

B. Ebensolche Platten von Herapathit (Jodchininpräparat).[1])

C. Nicol'sche, Foucault'sche, Glan-Thompson'sche, Prazmowski'sche und Abbe'sche Prismen.

Da in der mikroskopischen Technik hauptsächlich Nicol'sche, Prazmowski-sche oder Abbe'sche Prismen verwendet werden, wollen wir blos diese hier berücksichtigen.

Beide ersteren sind aus Kalkspath gefertigt und beruhen auf der sogenannten Doppelbrechung. Eine Anzahl von Krystallen, und zwar alle, welche dem regulären Krystallsystem nicht angehören, insbesondere aber der Kalkspath, besitzen die Eigenschaft, einen Lichtstrahl in zwei gebrochene Strahlen zu zerlegen. Deshalb erscheint z. B. ein in gewisser Richtung durch einen Kalkspath gesehener Buchstabe doppelt und man nennt den Kalkspath deshalb auch Doppelspath. Der eine der Strahlen bildet mit dem anderen stets einen rechten Winkel. Einer der Strahlen wird in Bezug auf den Einfallswinkel stärker abgelenkt und heisst der ordentliche Strahl, der schwächer gebrochene der ausserordentliche Strahl. Beide Strahlen sind polarisirt.

Nicol hat es nun verstanden, mittelst Zusammensetzung eines Prismas aus zwei eigenthümlich geschliffenen Kalkspathkeilen, indem er selbe mit Canadabalsam zusammenkittete, durch totale Reflexion an der Kittfläche den ordentlichen Strahl ganz zu beseitigen.

Fig. 322 zeigt schematisch, wie ein solches Nicol'sches Prisma hergestellt wird. Ist *a b c d* ein Kalkspathrhomboëder, so werden dessen Endflächen *a b* und *c d*, welche mit den Seitenkanten einen Winkel von nahezu 71° bilden, zunächst derart abgeschliffen, dass sie mit denselben nur mehr einen Winkel von 68° bilden und dass die neuen Flächen mit der optischen Axe des Krystalles *g f* rechte Winkel ergeben. Hierauf nimmt man die eine Hälfte des Prismas in der Richtung der optischen Axe *f g* durch Schleifen weg, behandelt ganz ebenso die andere Hälfte eines fast gleichgrossen Kalkspathrhomboëders, kittet beide Hälften in der Richtung *f g* zusammen und erhält so ein Nicol'sches Prisma. Dieselbe Fig. 322 kann uns ein solches schematisch im Längsschnitte vorstellen, nämlich *a f d g*. Fällt nun ein Lichtstrahl in dieses Prisma, so wird er gespalten. Der ausserordentliche geht in der Richtung *n p*, der ordentliche von *n* nach *q*, wird an der Canadabalsamfläche bei *z* reflectirt und geht nach *s*, wo er von den geschwärzten Wänden des Instrumentes verschluckt wird.

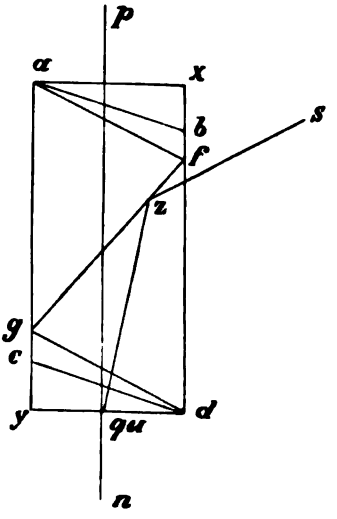


Fig. 322.

Aus obiger Darstellung über das Wesen des polarisirten Lichtes wird man leicht einsehen, dass man zwei solcher Nicol'scher Prismen braucht. Eines zum Polarisiren und eines zum Analysiren, Polariseur und Analyseur. Wir wollen gleich hier erwähnen, dass Zeiss bei seinem Analyseur ein Abbe'sches Prisma anwendet, welches in einem Ocular zwischen den zwei Linsen untergebracht ist und besser wirken soll als ein gewöhnlicher

[1]) Herapath stellte diese Verbindung in den 50er-Jahren des 19. Jahrhunderts aus saurem, schwefelsaurem Chinin, Essigsäure, Schwefelsäure und Jodtinctur zuerst dar.

[illegible] Meist verwendet man diese [illegible] Nicols auch [illegible] dass man [illegible] Fläche des Nicol'schen [illegible] von Reflexionsstörungen senkrecht auf die opt. [illegible] Ansätzen aus Kalkspath *a b c* und *a d y* versi[illegible] diese Ansätze aus Glas zu machen und auch [illegible] aufgekittete Glasplatten zu schützen, da Glas bedeuten[illegible] gegen Anputzen von Staub, Säuredämpfe etc. widerstandsfähige[illegible] spath, also die Prismen dadurch dauerhafter werden.

Fig. 324.

Fig. 324 zeigt das Zeiss'sc[illegible] ocular. *P* ist das Abbe'sche Pr[illegible] in einem Huyghens'schen Ocula[illegible] Korkplatten KK_1 zwischen den L[illegible] festgehalten wird.

Die Strahlen werden theil[illegible] brechenden Kante des Prismas pola[illegible] dann ohne Ablenkung durch, the[illegible] senkrecht zur brechenden Kante pol[illegible] dann gegen die geschwärzte Inne[illegible] worfen und verschluckt, so dass n[illegible] durch o[illegible]m's Auge gelangen. Hier is[illegible] mit dem Oculare fest verbunden [illegible] mit diesem benützt werden.

Meist wird aber der Analyse[illegible] sationsapparaten, die accessoris[illegible] skopen sozusagen als Nebenappar[illegible] werden, zum Aufsetzen auf das [illegible] richtet, so dass man dann rasch [illegible] entfernen und die Oculare wechseln kann, obgleich schwä[illegible] auch hier die besten Bilder geben.

[1]) Man nennt gewöhnlich alle Prismen, die zur Polarisation dienen, [illegible] Die Fig. 323 zeigt die gebräuchlichsten im Längsschnitte nach Zeichnunge[illegible] in Graz aus der vortrefflichen, bei Deuticke in Wien 1903 erschienenen En[illegible] mikroskopischen Technik. Beim Nicol'schen Prisma ist der Strahlenga[illegible] wir diesen schon bei Fig. 322 besprochen haben, so können wir gleich z[illegible] Nicol'schen Prisma übergehen. Es wurde von Steeg und Reuter in Ho[illegible] zum Unterschiede vom Nicol'schen Prisma sind die Neigungswinkel der End[illegible] flächen nicht abgeschliffen und die Schnittfläche um 84° zu den Endflächen geneigt. Die Grösse des Gesichtsfeldwinkels beträgt beim normalen Nicol [illegible] beim verkürzten [illegible] Die [illegible] Nicol mit [illegible] flächen [illegible] Endflächen [illegible] gerade [illegible] senkrecht [illegible] kan[illegible] wer[illegible] Fresn[illegible] Pris[illegible] aus [illegible] der [illegible]

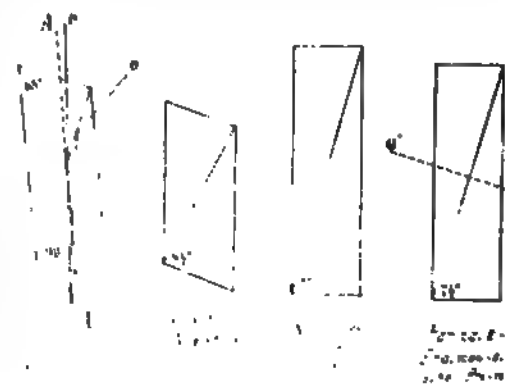


Fig. 323.

jective tiefschwarz erscheinen lassen!),[1]) so wird man sehen, dass bei weiterer Drehung an dem Analysator bis auf 180° das Gesichtsfeld hell wird und bei noch weiterer Drehung bis 270° wieder dunkel und auf 0° zurück wieder hell. Wir sehen also, dass die Stellung der Nicols bei 0° und 180° eine parallele, bei 90° und 270° eine gekreuzte war. Bei gekreuzten Nicols wurde eben der polarisirte Strahl durch den Analyseur ausgelöscht. Lassen wir nun unseren Apparat auf 90° stehen, so dass er Finsterniss zeigt, und bringen nun einige Körner Stärkemehl, etwa in Canadabalsam eingelegt, auf den Ojecttisch, so werden wir eine merkwürdige Erscheinung beobachten: Die Stärkekörner werden leuchtend auf weissem Grunde erscheinen und ein dunkles Kreuz zeigen, welches die Schichten vom Kerne, dem organischen Centrum aus, durchzieht. Andere organische Körper, wie Baumwolle, Leinwand, Haare, Muskelfasern, ja die ganzen Körper lebender Insecten (z. B. Mückenlarven u. dergl.), werden ebenfalls im dunklen Gesichtsfelde aufleuchten. Weil dies die doppelbrechenden Krystalle von verschiedenen nicht regulär krystallisirenden Substanzen auch thun, so schliesst man daraus, dass die vorerwähnten organischen Gebilde doppelte Brechung haben. Diese richtet sich auch bei den organischen Körpern, sowie bei den Krystallen nach den sogenannten Elasticitätsaxen. Hier zeigt sich eine schöne Analogie zwischen dem Wachsthum eines Stärkekornes und dem eines Krystalles!

Wer sich über diese interessanten Untersuchungen näher informiren will, dem sei G. Valentin's „Die Untersuchung der Pflanzen- und der Thiergewebe im polarisirten Lichte" — Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1861 — bestens empfohlen, es ist in jeder Hinsicht ein classisches Werk!

Bringt man ein Präparat zwischen die gekreuzten Nicols, welches viele und relativ grosse Krystalle enthält, die nicht dem regulären System angehören, wie z. B. ein verdunsteter Tropfen Candiszuckerlösung oder einer Lösung von chlorsaurem Kali solche aufweist, so sieht man herrliche Farben zwischen den gekreuzten Nicols auftreten. Dreht man nun das Präparat, so sieht man, dass die Helligkeit und Lebhaftigkeit der Farben wechselt und bei einer gewissen Stellung ihr Maximum erreicht. Im Allgemeinen wird, wenn man blos einen Krystall in's Auge fasst, bei der Drehung durch die sogenannten vier Quadranten das Licht- und Schattenspiel in denselben abwechselnd heller auftreten und zu erlöschen scheinen, beziehungsweise werden die Farben wechseln. Deshalb gibt man den Mikroskopen zu Polarisationszwecken gerne eine solche Einrichtung, dass der Tisch, der dann rund gemacht und mit Eintheilung in 360° versehen wird, sich um seine verticale Axe drehen lässt. Es ist deshalb für Praktiker, die ausser den gewöhnlichen Untersuchungen mit demselben Mikroskope auch Untersuchungen im polarisirten Lichte machen wollen, vortheilhaft, sich eines Statives mit dreh- und centrirbarem Tische, wie solche heutzutage von allen Firmen des Continents ohnehin als grössere und sogar jetzt schon mittlere Stativtypen gefertigt

[1]) Leider ist dies bei den gewöhnlichen heute üblichen Ocularen, Objectiven und Condensoren nicht der Fall. Bei voller Beleuchtung muss man sich mit einem tiefschwarzblauen Gesichtsfeld meist zufriedenstellen. Die Glaslinsen sind nämlich durch die Spannung bei der Fassung und Centrirung meist etwas doppelbrechend geworden; später lässt diese Spannung nach. Aber auch die modernen Glasflüsse, aus welchen heutzutage die Linsen verfertigt werden, weisen schon oft an und für sich Doppelbrechung auf, bei stärkeren Combinationen kommt auch noch die durch die einfache Brechung in soviel Linsengläsern bewirkte theilweise Polarisation hinzu. Firmen, welche sich speciell mit der Anfertigung von Polarisationsinstrumenten befassen, wie z. B. R. Fuess in Steglitz bei Berlin oder Voigt & Hochsang in Göttingen, pflegen ihren Instrumenten Oculare, Objective und Condensoren beizugeben, die von solchen Fehlern möglichst frei sind. Ich fand übrigens ein älteres mittelmässiges Objectiv aus französischem Glas von der längst nicht mehr bestehenden altberühmten Firma Oberhäuser in Paris von Doppelbrechung frei und benütze es mit Vorliebe zu Untersuchungen in parallelem polarisirten Lichte.

[illegible] am frischen Objecte — in einer Reinheit [illegible] zur Darstellung zu bringen, die von keiner anderen (z. B. Färbungs- oder Imprägnations-) Methode übertroffen wird. Ja, es wäre nicht [illegible] dass in irgend einem Falle Structurelemente, welche sonst weder durch ihr Brechungsvermögen oder ihre Lichtabsorption, noch durch ihre Färbbarkeit gut zu differenziren wären, erst durch Nachweis ihrer Anisotropie [illegible] sicher nachgewiesen werden könnten. Ich selbst habe an einigen Pflanzenpräparaten, die ohne polarisirtes Licht nur wenig Structurdetails aufwiesen, im polarisirten Lichte Krystalle, Spiralgefässe und Tüpfel deutlich gesehen.

Diese Bemerkungen mussten vorausgeschickt werden, um die Wirkungsweise und die Anwendungsgebiete des Polarisationsmikroskopes wenigstens zu skizziren. Da die Darstellung der Polarisationstechnik eine derartig grosse Materie umfasst, dass sie unmöglich in dem Rahmen dieses Leitfadens Raum finden kann, so muss der Verfasser desselben, um dem mikroskopirenden Praktiker dennoch einen dem heutigen Stande der einschlägigen Disciplinen halbwegs entsprechenden Ueberblick über die modernen Polarisationsmikroskope und deren für die Praxis wichtigsten Nebenapparate und Hilfsmittel zu bieten, den umgekehrten Weg einschlagen, als wie es sonst in diesem Leitfaden geschehen ist. Er muss nämlich nicht vom einfacheren zum complicirteren Instrument fortschreiten, sondern vielmehr zunächst recht vollständige Polarisationsmikroskope beschreiben, um anzuführen, was alles von einem allen polarisationsmikroskopischen Zwecken genügenden Instrumente verlangt und geleistet wird, um dann allmälig zu einfacheren Instrumenten überzugehen und schliesslich zu zeigen, wie man vielen von den vollkommenen Instrumenten erfüllten Anforderungen auch durch Adaptirung der gewöhnlichen Mikroskope gerecht werden kann. Die wichtigsten Grundbegriffe sind im Vorstehenden, soweit es der beschränkte Raum dieses Buches gestattet — also leider ziemlich cursorisch — besprochen worden; bevor wir aber auf die Beschreibung vollständiger Polarisationsinstrumente eingehen, müssen wir noch eine früher oft ventilirte constructive Frage erörtern, nämlich die, an welcher Stelle des Mikroskopes man das analysirende Nicol anbringen und wie man es mit dem Tubus verbinden soll, um die beste Wirkung zu erzielen. Aus Fig. 324 haben wir gesehen, dass Zeiss das Analysatorocular von Abbe derart fertigt, dass er das analysirende Prisma zwischen die Ocularaugenlinse und das Collectiv bringt. Aehnliche Constructionen hat auch Hartnack in Potsdam in seinen Polarisationsapparaten ausgeführt. Der Nachtheil dieser Construction liegt in der Beschränkung auf das Ocular, in welchem das Prisma eingebaut ist. Dieselbe Beschränkung weist eine früher ab und zu gebrauchte Constructionsweise des Analysators auf, bei welchem das Nicol unten an dem Collectiv des Oculars in einer angeschraubten Hülse untergebracht war. Beide Constructionen gestatten schliesslich nicht den raschen Wechsel zwischen polarisirtem und nichtpolarisirtem Lichte, der erleichtert wird, wenn das analysirende Nicol auf dem Oculare — welches übrigens auch in diesem Falle ein schwaches (etwa Nr. 2 Reichert) sein soll, da sonst das Gesichtsfeld zu beschränkt wird — leicht aufgesetzt und auch leicht abgenommen werden kann, wie dies bei dem Polarisationsapparate Fig. 325 der Fall ist. Meistens wird das zur leichteren Centrirung der Objecte (geschieht diese nun durch einen centrirbaren Objectisch oder eine centrirbare Objectivfassung), ferner zur Orientirung der später zu besprechenden sogenannten „Hauptschnitte" und auch [illegible] Winkelmessungen an Krystallen in den Ocularen der Polarisationsmikroskope angebrachte Fadenkreuz dadurch fixirt, dass das Ocular [illegible] Fadenkreuzocular, oben einen Stift besitzt, welcher [illegible] Fixirung „Marke" vom oberen Tubusende einfällt.

Fig. 326.

Das polarisirende Nicol sollte, wenn es ohne Condensorlinsen oder nur mit einer einzigen Linse behufs Erzielung rein parallelen, nicht convergirenden Lichtes zur Anwendung kommt, um Lichtverluste zu vermeiden, möglichst nahe dem zu betrachtenden Objecte gebracht werden können. Wenn man es, wie z. B. Carl Zeiss es thut, einfach in den Blendapparat eines Abbe'schen Beleuchtungsapparates einhängt, so ist diese Bedingung bei Wegnahme der oberen Condensorlinsen des Abbe'schen Beleuchtungsapparates nicht erfüllt, da der Blendungsträger desselben auch bei Hinaufschieben des Condensorträgers noch immer weit genug vom Objecttischniveau entfernt bleibt. Bei den eigens zu Polarisationszwecken gebauten Instrumenten von Fuess in Steglitz, von Voigt & Hochgesang in Göttingen, von Carl Reichert in Wien und auch den zum Theil nach Angaben des Univ.-Prof. Dr. Ernst Weinschenk in München hergestellten Polarisationsmikroskopen von W. & H. Seibert ist diese Bedingung besser erfüllt. C. Reichert verwendet den sogenannten Bertrand'schen Condensor, dessen optische Leistung von jener eines Abb'eschen Beleuchtungsapparates zu wenig verschieden ist, als dass hier näher auf dessen Construction eingegangen werden sollte. Wichtig ist, dass sowohl Reichert als Seibert die oberen Linsen des Condensors beweglich machen, so dass sie sich durch einen Druck seitlich verschieben und dadurch behufs Erzielung mehr parallelen Lichtes, ohne die Lage des Polarisators zu tangiren, ausschalten lassen. Seibert erzielt dies durch die sogenannte Weinschenk'sche Condensorzange, C. Reichert durch eine seiner Werkstätte eigenthümliche Construction, die durch ganz leichten Fingerdruck die Ausschaltung einer oder beider Condensorlinsen ermöglicht. Auch Fuess u. A. haben ähnliche Vorrichtungen geschaffen.

Durch die vorgedachten Einrichtungen ist der Bau der vollkommeneren sogenannten mineralogischen Stative charakterisirt: Sie besitzen zwei analysirende Nicols, einen Condensor mit darunter angebrachtem Polarisator, meist mit Vorrichtung zum raschen Ein- und Ausschalten der Condensorlinsen, sowie Ermöglichung der Ausschaltung des Polarisators u. s. w. Wie schon erwähnt, empfiehlt es sich hier, zuerst recht vollständig ausgerüstete Polarisationsmikroskope zu betrachten und dann durch Hinwegdenken des Entbehrlichen zu einfacheren Constructionen überzugehen. Da Carl Reichert in Wien, woselbst Verfasser seinen Wohnsitz hat, neuerer Zeit der Construction sehr vollkommener mineralogischer Stative seine Aufmerksamkeit mit bestem Erfolge zuwendete, so möge es dem Verfasser gestattet sein, ohne dem Vorwurfe des Localpatriotismus ausgesetzt zu werden, zunächst an der Hand Reichert'scher mineralogischer Mikroskope die Construction derselben zu besprechen. Fig. 326 zeigt ein schon sehr vollständiges mineralogisches Instrument aus C. Reichert's Werkstätte, welches er selbst als „Grosses Stativ Nr. Ib" bezeichnet. Das Stativ besitzt einen drehbaren, in 360° getheilten, in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen mittelst der Knöpfe *H* und *H'* beweglichen Objecttisch. Dieser Kreuzschlittentisch ist mit Findertheilungen versehen (vergl. S. 78, 79 u. 80 d. B.), weiters gestattet die Bewegungseinrichtung ein genaues Einstellen von Scheitelpunkten an Krystallen in den Kreuzungspunkt der oben erwähnten Fäden des Ocularfadenkreuzes und es kann der drehbare getheilte Tisch deshalb bequem zum Winkelmessen verwendet werden. (Vergl. S. 163 d. B.) Um aber genauere Winkelmessungen zu ermöglichen, muss natürlich der Tisch genau um die optische Axe des Instrumentes rotiren. Bei dem abgebildeten Stative kann das Objectiv mittelst zweier aufeinander senkrecht am Tubus bei *X* angebrachter Schrauben, von denen nur die eine, *c*, zu sehen ist, centrirt, das heisst die optische Axe mit dem Drehpunkt des Objecttisches zusammenfallend gemacht werden. An diesem Mikroskope ist noch

Fig. 336.

stärkere Fadenkreuzoculare benützt und daher mit dem Nachet'schen Polarisationsmikroskope, das ja auch mit Analysator auf dem Oculare versehen werden kann, auch die feinsten Untersuchungen ausgeführt werden, ohne einer Centrirungsvorrichtung zu bedürfen. Da Nachet'sche Polarisationsmikroskope nur selten dem Leserkreise dieses Leitfadens in die Hände kommen dürften, glaubt Verfasser auf eine nähere Beschreibung dieses übrigens gewiss vorzüglichen Instrumentes verzichten zu können. Eine treffliche Abbildung ist in der bereits wiederholt citirten „Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskopes" von Dr. Ernst Weinschenk, Freiburg i. B., 1901, bei Herder, auf S. 14, Fig. 12 zu finden.

Im Gebiete unseres Leserkreises häufiger, wenn auch noch immer selten genug benützt wird jene Gattung von die Centrirvorrichtung entbehrlich machenden mineralogischen Mikroskopen, bei welchen, einer aus England importirten Constructionsidee des Mechanikers Swift folgend, beide Nicols gemeinsam drehbar angeordnet sind. Diese Art Mikroskope wird von R. Fuess in Steglitz, sowie Voigt & Hochgesang in Göttingen in grosser Vollkommenheit angefertigt, auch die Wiener Firma Carl Reichert hat im Jahre 1902 diese von ihr in sehr präciser Weise gebauten Instrumente in ihren Katalog Nr. 23 aufgenommen; in dem Katalog Nr. 25 von 1904 erscheint jedoch dieses von C. Reichert mit II aa bezeichnet gewesene Instrument nicht mehr, da die Nachfrage nach diesem Stative eine zu geringe gewesen sein dürfte.

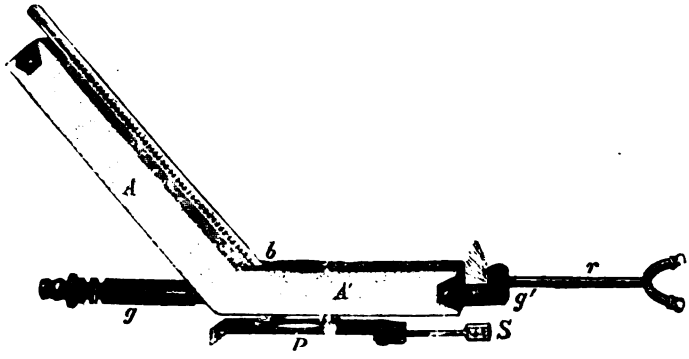


Fig. 337.

Immerhin ist das Instrument technisch so interessant, dass ich es hier nicht übergehen zu dürfen glaube. Bei gewissen Versuchen, bei denen das zu beobachtende Object, z. B. ein Krystall, auf relativ hohe Temperaturen erhitzt und dabei doch zur Beobachtung der optischen Veränderungen, die die Erhitzung herbeiführt, um die optische Axe des Mikroskopes zwischen gekreuzten Nicols gedreht werden soll, würde sich dies auf den bisher beschriebenen mineralogischen Mikroskopen schwer ausführen lassen, denn ein solcher Erhitzungstisch wird mit Gas geheizt und muss mit Schläuchen versehen werden, auch lassen die Forscher sowohl Wasserdampf als auch kalte Luft auf das erhitzte, optisch zu analysirende Object einwirken, wobei wieder Schläuche zur Zuleitung nöthig sind, ja es wurden Apparate construirt, die die Objecte im luftverdünnten Raum (Vacuum) zwischen den gekreuzten Nicols zu untersuchen gestatten. Alle die hiezu nöthigen Apparate lassen sich auf dem drehbaren Objecttisch nur in sehr beschränktem Masse drehen und erfordern daher geradezu ein besonderes Mikroskopstativ, welches die Drehung des Objectes auf dem Objecttische überflüssig macht. Eine Beschreibung der verschiedenen derartigen Apparate wäre für den Praktiker überflüssig, sie dienen mehr dem Forscher.

Unter den verschiedenen, zur Untersuchung der Krystalle in hohen Temperaturen verfertigten Erhitzungsvorrichtungen sei blos ein in neuerer Zeit auf Veranlassung von C. Klein[1]) von Fuess[2]) construirter Erhitzungsapparat[3]) (Fig. 337) kurz besprochen.

Mittelst der Platte *P* und der Schraube *S* wird der durch vier isolirende kleine Glascylinder mit der ersteren verbundene Heizkasten A^1 nebst dem Abzugsrohre *A* auf dem Objecttisch befestigt. Bei *b* ist die obere und untere Wandung des Heizkörpers durchbrochen und es werden diese durch eingefasste Gläser verschlossen. Etwas unterhalb der Mitte des durchbrochenen Theiles befinden sich die auswechselbaren Auflagen für den Krystall: es werden diese von Glasplättchen und durchbohrten Streifen von Rheotan, eine die Wärme schlecht leitende Metallegirung, gebildet. Damit auch das Verhalten in Flüssigkeit erhitzter Krystalle dem Studium unterzogen werden kann, ist dem Apparat ein in die Oeffnung bei *b* einzusetzendes Flüssigkeitsgefäss beigegeben. Die Objecte liegen dabei auf eingehängten Metallbügelchen.

Die Messung der Temperatur geschieht durch ein bis 450° getheiltes Quecksilberthermometer, dessen sonst leerer Luftraum mit Stickstoff gefüllt ist. Das Gefäss des Thermometers ist gabelförmig, so dass das erhitzte Object sowohl im Luft- als auch im Flüssigkeitsbade in unmittelbare Nähe des Thermometergefässes gebracht ist, um so die Temperaturen des erhitzten Objectes mit möglichster Genauigkeit zu erlangen. Die Erhitzung geschieht durch den Bunsen'schen Brenner *g* g^1, welcher innerhalb des Kastens A^1 verschoben werden und dadurch die Flamme dem Object beliebig genähert und entfernt werden kann. Bei g^1 ist in den Brenner eine doppelte Schlauchgabel *r* einsteckbar, die dazu dient, kalte Luft oder Wasserdampf dem erhitzten Objecte zuzuführen.

Um die sonst zu starke Wärmeausstrahlung des Heizkastens und des Abzugsrohres zu verhindern, sind dieselben vollständig mit Asbestpappe überzogen; das Gleiche ist auch bei der auf den Tisch des Mikroskopes zu setzenden Platte *P* der Fall.

Bei den Untersuchungen in höheren Temperaturen sind die Objective, selbst wenn deren Abstand vom Präparate kein allzu geringer ist, immer der Gefahr ausgesetzt, in Folge deren Erwärmung Schaden zu leiden. Fuess fertigt daher zur Beobachtung mit Erhitzungsapparaten ein eigenes Objectiv von ziemlich grosser Brennweite an, welches von einer flachen, mit zwei Ansätzen für Schläuche versehenen Metalldose umgeben ist, durch die man durch Heberwirkung während der Erhitzung des zu beobachtenden Objectes kaltes Wasser fliessen lässt. (Vergl. C. Leiss: Optische Instrumente der Firma R. Fuess etc. Leipzig, Verlag von Wilh. Engelmann, 1899, S. 238 u. ff.)

Schon der Bunsen'sche Brenner erhält bei *g* eine Schlauchverbindung mit der Gasleitung, an der Schlauchgabel *r* werden die Schläuche zur Zuleitung, respective Ableitung von kalter Luft oder heissem Wasserdampf befestigt. Wie soll da eine bequeme Drehung des Objectes zwischen gekreuzten Nicols erfolgen? Bei dem in Rede stehenden Mikroskopstative ist wieder einmal der Grundsatz befolgt worden: „Kommt der Berg nicht zu Mohammed, so kommt Mohammed zum Berge!“ Kann das Object nicht wischen den gekreuzten Nicols gedreht werden, so werden beide Nicols eichzeitig in gekreuzter oder paralleler Stellung sozusagen um das stehende Object herumgedreht. Das erste derartige Modell war, wie schon ähnt, von dem englischen Mechaniker Swift ausgeführt worden.

[1]) C. Klein. Sitzungsber. der Akad. der Wissenschaften, 1890, S. 703—708.
[2]) Vergl. R. Fuess. Neues Jahrb. für Mineral. etc. Beilageband VII.
[3]) Die auf S. 370 u. ff. d. B. beschriebenen heizbaren Objecttische dienen ähnlichem cke, gestatten jedoch blos die Anwendung verhältnismässig niederer Temperaturen.

Ein Hauptgrund für die bisherige schwierigere Einführung von Mikroskopen mit der nach so manchen Seiten hin praktische Vortheile gewährenden Einrichtung der gleichzeitigen Nicoldrehung lag lediglich an einer Unvollkommenheit in der Zahnradübersetzung, deren Beseitigung darin bestand, den Spielraum (sogenannten todten Gang) in den Zähnen der Uebertragungsräder aufzuheben. Ohne Beseitigung dieser Unvollkommenheit standen der praktischen Verwendbarkeit der Nicoldrehung insofern Schwierigkeiten im Wege, als man gezwungen war, bei Messungen einen ganz bestimmten, durch den Zahneingriff der Räder gegebenen Winkelwert, welcher bis zu 2° betragen konnte, stets reducirend in Rechnung zu ziehen, wenn ein Wechsel in der Drehung vorgenommen wurde.

Bei den Fuess'schen Modellen ist der bisherige Mangel gänzlich durch eine patentamtlich geschützte Einrichtung beseitigt; ferner führten die bei der Herstellung einer grösseren Anzahl derartiger Instrumente gemachten Erfahrungen zu Verbesserungen des Zahneingriffes der Räder, so dass nunmehr gegen die allgemeine Einführung von Mikroskopen mit gleichzeitig drehbaren Nicols kaum noch Bedenken erhoben werden können.

Der Preis eines solchen Mikroskopes, verglichen mit Modellen mit drehbarem Tische gleicher Ausrüstung, stellt sich nur um einen geringen Betrag höher; dagegen besitzt die neue Anordnung folgende Vortheile gegenüber der älteren Art des drehbaren Tisches, die wir zwar schon angedeutet haben, hier aber nochmals resumiren wollen:

1. Man braucht ein der Beobachtung und Messung zu unterziehendes Object nicht zu centriren, was besonders bei stärkeren Objectiven oft Schwierigkeiten bereitet. Ein mit der Kreuzungsstelle der Ocularfäden zusammenfallender Punkt verbleibt während der Nicoldrehung unveränderlich an seinem Orte.

2. Die Messung von Kantenwinkeln kann in bequemster Weise durch Drehen des mit den Nicols gleichzeitig rotirenden Fadenkreuzoculares geschehen, da ein zur Coincidenz mit dem Kreuzungspunkt der Fäden eingestellter Scheitelpunkt während der Drehung fest an seinem Orte verbleibt.

3. Bei Erhitzungsversuchen kann der Erhitzungsapparat, welcher gewöhnlich seiner grossen Dimensionen und Zuleitungen wegen eine Drehung mit dem Objecttische nur in sehr beschränktem Masse und unter erschwerenden Umständen zulässt, an seinem Orte auf dem festen Tische des Mikroskopes verbleiben. Das Gleiche gilt für Untersuchungen im Vacuum oder unter Druck.

4. Für die Untersuchung von Krystallen, welche unter möglichst allseitiger Bewegung in stark brechenden Flüssigkeiten untersucht werden sollen, kann dies nur in ausgiebigster Weise durch Drehen der Nicols an Stelle des Tisches geschehen.

Ueber diese Art der Untersuchung werden wir noch weiter unten sprechen. Wir wollen nur ein einziges dem Fuess'schen Modell VII a ähnliches einheimisches Mikroskop mit gleichzeitiger Drehung beider Nicols besprechen, wie solches, wie oben erwähnt, Carl Reichert in Wien construirt hat.

Fig. 338 zeigt das Reichert'sche Stativ II aa. Man sieht, dass das Charnier zum Umlegen oberhalb des Tisches angeordnet, ferner, dass der Tisch nicht drehbar eingerichtet ist und dass der Tubus des dritten Nicols entbehrt. Der Polarisator *P* ist mit einem Bertrand'schen Condensor verbunden (*Cond*). Bei *Z* sehen wir ein Zahnrad, welches auf ein grösseres am Umfange des Polarisators eingreift. Die Stange *C* vermittelt die Verbindung mit dem oberen Zahnrade *Z*, welches den Analysator dreht. Damit die Einstellung durch Mikrometerschraube und Zahn und Trieb in der gewöhnlichen Weise erfolgen könne, besteht die Stange *C* eigentlich aus zwei Theilen,

nämlich einer Hülse *C* und einer prismatischen, in ihr leicht verschiebbaren Stange *C'*. An dieser ist ein randerirter Griffknopf angebracht. Dreht man an diesem Knopfe, so drehen sich die Zahnräder *Z* oben und unten und drehen gleichzeitig den Analysator und Polarisator, der Tubus kann aber

Fig. 338.

da sich ja die Stange *C'* in *C* verschiebt, ganz leicht eingestellt werden. Der Analysator trägt bei *Th* eine Kreistheilung mit Nonius *n*, bei *b* eine Fixirschraube zum Feststellen in bestimmter Lage und bei *a* ein Charnier durch das er sich, wenn man ohne Analysatornicol durch's Mikroskop sehen will, rasch zur Seite umklappen lässt. Bei *g* lässt sich ein Schieber in

bieten, versehen. Auf Wunsch kann das Instrument auch mit einem Tubus versehen werden, bei welchem die bisher gebräuchlichen Oculare mit kleinerem Sehfeld angewendet werden.

Zur groben und feinen Einstellung des Tubus dienen die bekannten Einrichtungen.

Der drehbare Objecttisch von circa 10 *cm* Durchmesser ist in Grade eingetheilt und bestreicht einen Nonius, der die Ablesung von fünf Minuten gestattet.

Wir haben nun die wichtigsten Typen der continentalen Polarisationsmikroskope kennen gelernt. Insofern sie vom Praktiker für das Studium von Mineralien und Chemikalien (z. B. neu gefundener chemischer Präparate) verwendet werden, müssen sie ausser den bekannten Einrichtungen eines gewöhnlichen Mikroskopes noch Vorrichtungen besitzen, mittelst derer man aus der Bestimmung der Hauptschwingungsebenen, der Doppelbrechung, der Beobachtung und Messung der optischen Axen, der Messung der Kantenwinkel etc. auf die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Krystallsystem schliessen kann. C. Leiss fasst diese Vorrichtungen kurz wie folgt zusammen:

1. Eine Polarisationseinrichtung, bestehend aus wenigstens zwei Nicol'schen Prismen, dem Polarisator und einem Analysator.

2. Das zwischen den Nicol'schen Prismen eingeschaltete Object muss in seiner Ebene um die feststehenden, gekreuzten Nicols centrisch gedreht oder, was den gleichen Effect hervorruft, die Nicols in gegenseitig unveränderlicher Stellung (gekreuzt) um das feststehende Object gemeinsam bewegt werden (wie bei Fig. 338). In beiden Fällen muss man den Winkel, um welchen das Object, beziehungsweise die Nicols gedreht wurden, an einem Theilkreis ablesen können.

3. Die Oculare müssen mit Kreuzfäden ausgerüstet sein, deren Richtungen mit den Hauptschwingungsebenen der Nicols genau zusammenfallen.

4. Es muss, wenn in der Construction des Mikroskopes der Tisch drehbar angeordnet ist, dieser oder das Objectiv centrirbar eingerichtet sein, da sonst eine centrale Drehung irgend eines Punktes im Object, besonders unter Anwendung stärkerer Vergrösserungen, kaum erreichbar ist. Die Manipulation des Centrirens fällt dagegen fort, wenn beide Nicols gemeinsam und mit dem die Schwingungsrichtungen angebenden Fadenocular gedreht werden. Hiezu kommt noch ein für die Beobachtung der sogenannten Axenbilder („Axenaustritt", Interferenzbilder) nothwendiger Condensor. Wie wir später sehen werden, ist die Bertrand'sche Linse, die zur Vergrösserung dient, nicht unbedingt zur Beobachtung der sogenannten Axenbilder nothwendig.

Was die zahlreichen Hilfsmittel (Utensilien und Nebenapparate) zu den sogenannten mineralogischen Mikroskopen, die ja, wie schon erwähnt, auch zur Untersuchung von organisirten Naturkörpern stammender Objecte benützt werden, anbelangt, ist Folgendes zu bemerken: Seit Geheimer Rath Prof. Dr. H. Rosenbusch in Heidelberg seine classischen Werke: „Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigsten Mineralien", Stuttgart 1873[1]) und „Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine", Stuttgart 1877, erscheinen liess, wurden die Mikroskope von Mineralogen und Geologen als ständige Hilfsmittel ihrer Forschungen benützt und die physikalische Krystallographie immer weiter auch für die mikroskopisch kleinen Krystalle ausgebaut. Diese Fortschritte in der Wissenschaft liessen das Bedürfniss nach immer vollkommeneren Polarisationsmikroskopen entstehen und förderten die Erfindung und Verbreitung einer grossen Anzahl von Nebenapparaten und Utensilien, die meist Präcisionsinstrumente und daher nicht billig herzustellen sind. Da sie aber

[1]) Seither erschienen mehrere Auflagen.

Gypsring mit einer entsprechend lichtbrechenden Flüssigkeit füllt, welche das erwähnte Klebemittel nicht lösen darf. Natürlich muss der Krystall in die optische Axe des Mikroskopes gerückt werden. Man kann dann den Krystall nicht nur in der optischen Axe des Mikroskopes (auf dem drehbaren Objecttisch), sondern mittelst des Zündhölzchens auch noch in einer auf die optische Axe senkrechten Richtung umdrehen, was für viele Untersuchungen von Wichtigkeit ist. Auch Dünnschliffe können natürlich in gleicher Weise untersucht werden. Schröder van Kolk hat die Ablenkung und Totalreflexion der Strahlen in den zu untersuchenden Krystallen oder Krystallbruchstücken, ja auch Dünnschliffen, anstatt durch Einbettung in eine Flüssigkeit, durch Einlegen zwischen zwei planconvexe Linsen von hohem Brechungsindex (z. B. 1·78 für gelbes Licht) — eine grössere, in die Oeffnung des Objecttisches passende als Grundlinse und eine kleinere von etwa 8 *mm* Durchmesser als Decklinse — behoben und das Ganze in der Objecttischöffnung durch blosse Drehung mit Reibung in alle Lagen zu bringen und auch festzuhalten ermöglicht. Auch eine einzige halbkugelige Linse im Objecttischloche mit eingeschliffener Vertiefung an der planen Seite zur Aufnahme kleiner Objecte z. B. Edelsteine, die in eine ihrem Brechungsindex entsprechende Flüssigkeit kommen, kann gute Dienste leisten. Beide geschilderten einfachen Behelfe wurden äusserst verfeinert, z. B. mit Theilkreisen in allen Richtungen versehen, und erreichte die Trogdrehvorrichtung in C. Klein's „Universaldrehapparat" und die Linsendrehvorrichtung in Fedorow's „Universaltisch" eine hohe Vollkommenheit. Solche Apparate gestatten nicht nur die Aufsuchung der optischen Axen, sondern auch die Messung des inneren Axenwinkels. Der mikroskopirende Praktiker wird diese, in C. Leiss' „Optische Instrumente" ausführlich, in allen Abänderungen beschriebenen kostspieligen Apparate, wenn er sich nicht gerade speciell auf mineralogisch-petrographische Untersuchungen verlegen muss, entbehren können und insbesondere vielfach mit der oben geschilderten Gypstrogdrehvorrichtung das Auslangen finden. Als Füllflüssigkeiten[1]) kann man Glycerin, Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff (n = 1·6274 bei 20° C.), Monobromnaphthalin (n = 1·64948 bei 20° C.), Methylenjodid (n = 1·7414 bei 20° C.) oder gar Bariumquecksilberjodid (n = 1·78 [auf S. 427 nicht angeführt]) benützen, wobei man schon je nach dem Verschwinden der Contouren des betreffenden Objectes bei Einfüllung einer Flüssigkeit auch auf den Brechungsindex schliessen kann, denn der Krystall wird fast unsichtbar, wenn er farblos, und verliert die scharfen Contouren, wenn er gefärbt ist, sobald er in jenes Medium eingebettet wird, dessen Brechungsindex seinem eigenen nahekommt. Man hat schon hierin ein optisch-analytisches Moment zur Erleichterung der Bestimmung eines Krystalles, dass man dessen Brechungsindex nahezu kennen lernt. Im monochromatischen Lichte (einfärbiges Licht, hergestellt durch gefärbte Glasplatten oder durch eine Natriumflamme, vergl. S. 432) ist die Beobachtung des Verschwindens noch leichter. Kaliumquecksilberjodid in Wasser, sogenannte Thoulet'sche Lösung, eignet sich sehr gut als Indicator zur annähernden Bestimmung des Brechungsindex, beziehungsweise auch als Beobachtungsflüssigkeit für den Drehtrog, da sie sich je nach Verdünnung mit n = 1·33 — n = 1·73 herstellen lässt. Die Tabelle hiezu siehe Dr. Weinschenk's „Anleitung" S. 29. Hat man z. B. einen Krystall, sei es als Dünnschliff oder als Trogpräparat, zur Beobachtung hergerichtet und dreht ihn zwischen gekreuzten Nicols in der optischen Axe des Mikroskopes, so wird er, falls er doppelbrechend (anisotrop) ist, während man ihn dreht, bald hell, bald dunkel erscheinen. Schon aus diesem

[1]) Vergl. oben S. 427 d. B.

Verhalten lässt sich also auf Doppelbrechung schliessen. Da aber optisch-isotrope Krystalle in der Regel[1]) keine Doppelbrechung zeigen, so ist mit der Erkenntniss, dass Doppelbrechung vorliegt, schon ein Anhaltspunkt zur Constatirung des Krystallsystems insofern gegeben, als, wie wir schon auf S. 436 d. B. erwähnt haben, nicht regulär krystallisirende Substanzen die Erscheinungen der Doppelbrechung aufweisen, so dass wir im Allgemeinen sagen können: Ein Krystall, der während der Drehung zwischen gekreuzten Nicols seine Helligkeit oder Farbe wechselt, gehört nicht dem regulären, sondern dem hexagonalen, quadratischen, rhombischen, monoklinen oder triklinen Krystallsystem an.

Um zu erkennen, welchem der irregulären Krystallsysteme ein anisotrop sich zeigender Krystall angehört, muss man die Auslöschungsrichtungen ihrer Lage nach im parallelen polarisirten Lichte zu bestimmen suchen. In Fig. 340 zeigt *A B C D* das Fadenkreuz des Polarisationsmikroskopes und mitten im Gesichtsfelde einen plattenförmigen Krystall. Da herrscht nun das optische Gesetz, dass diese doppelbrechende Platte dunkel („ausgelöscht") erscheint, wenn zwischen den gekreuzten Nicols ihre Schwingungsrichtungen *RR* und *SS* mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen. Nun sollen bei einem gut justirten Polarisationsmikroskop die Hauptschnitte der Nicols mit den Armen des Fadenkreuzes *A B C D* zusammenfallen. Ist dies der Fall,

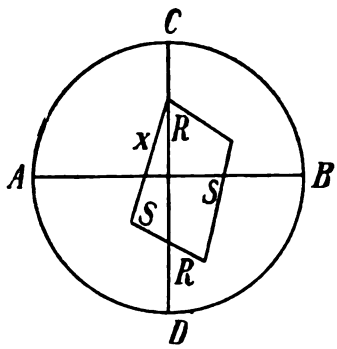


Fig. 340.

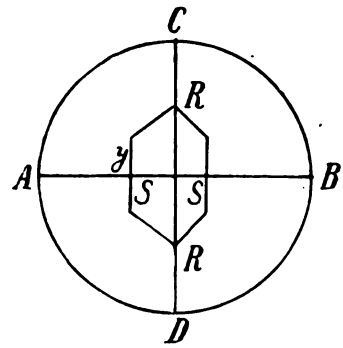


Fig. 341.

so zeichnen sozusagen, wie sich Rinne so treffend ausdrückt, die Arme des Fadenkreuzes unmittelbar die Lage der Schwingungsrichtungen in die Platte hinein. In Fig. 340 liegen diese Schwingungsrichtungen schief zur Kante *x* des zu untersuchenden Krystalles. Man sagt dann, der betreffende Krystall löscht schief aus, was sich natürlich auf die Kante *x* bezieht. Fig. 341 zeigt einen anderen plattenförmigen Krystall, bei welchem die eine Schwingungsrichtung parallel zu der langen Kante *y* geht. Die zweite Schwingungsrichtung steht auf *y* senkrecht. Man sagt im Falle der Fig. 341: Die Auslöschung erfolgt parallel und senkrecht zu *y*.[2]) Auch hier sollen die Arme des Fadenkreuzes parallel zu den Auslöschungsrichtungen gehen, welche also selbst ein Kreuz, das ist das sogenannte „Auslöschungskreuz" bilden. Umgekehrt kann man, wenn man eine Krystallplatte hat, von der man weiss, dass sie

[1]) Doppelbrechung, die durch Spannungen entsteht, welche durch Druck oder rasche Abkühlung hervorgerufen werden, findet sich auch bei amorphen Körpern, z. B. rasch gekühlten Gläsern, Gelatinestreifen, die einem Druck oder Zug unterliegen u. s. w., aber auch in regulären Krystallen, die nach dem Naturgesetz optisch isotrop, einfachbrechend sein sollten, finden sich Erscheinungen von Doppelbrechung, besonders um Einschlüsse herum, „Optische Anomalien", vergl. Weinschenk S. 107, Rinne S. 69, Capitel 38.

[2]) Vergl. Prof. Dr. E. Rinne, „Das Mikroskop im chemischen Laboratorium", Hannover 1900, S. 45 u. ff.

Wir haben aber schon oben S. 439 erwähnt, dass zu den stauroskopischen Untersuchungen der auf das Ocular aufsetzbare Analysator bestimmt ist. Die einfache Einstellung auf Dunkelheit reicht nämlich für feinere Bestimmungen nicht aus. Bei farblosen Mineralien bewährt es sich nach Weinschenk (Anleitung S. 62) besonders, wenn man zuerst zwischen gekreuzten Nicols die Auslöschungsrichtung genau sucht und nun, während man den Analysator dreht, beobachtet, ob gleichmässig mit der Aufhellung des ganzen Gesichtsfeldes auch der Krystall allmälig heller wird und ob er in jeder Stellung der beiden Nicols zu einander genau denselben Ton aufweist, wie das umgebende Gesichtsfeld. Erst wenn dies erreicht ist, ist die Einstellung auf Dunkelheit eine vollkommene. Da nur der auf das Ocular aufsetzbare oder im Ocular angebrachte Analysator eine ganze Umdrehung zulässt, so ist es klar, dass man bei feineren stauroskopischen Untersuchungen auf die Benützung des ein grosses Gesichtsfeld gewährenden Innen-Nicols, falls ein solcher an dem benützten Instrumente vorhanden ist, also eventuell auch auf die Anwendung des von mir construirten und in Fig. 335 d. B. abgebildeten Hilfstubus wird verzichten müssen. Auf die eigentlichen „Stauroskope", das sind verschiedene Hilfsmittel, um die feinste Einstellung der Schwingungsrichtungen zu ermöglichen, können wir hier noch nicht eingehen, da das Verständniss derselben zum Theil die Kenntniss der Interferenzfarbenerscheinungen, sowie der im polarisirten Lichte unter Umständen auftretenden Axenbilder voraussetzt.

Wir werden deshalb am Schlusse der Besprechung der Polarisationserscheinungen unter dem Mikroskope noch einmal auf die Stauroskope zurückkommen, obgleich sie eigentlich nur zu Specialarbeiten gebraucht zu werden pflegen und die gewöhnliche Untersuchung und Deutung der „Auslöschung" allein ein gutes Hilfsmittel für den Praktiker bildet, unter dem Polarisationsmikroskope Mineralien und Chemikalien zu bestimmen. Dr. Kalkowský in Jena hat in der citirten Abhandlung „Die Anwendung des Mikroskopes in der Mineralogie und Geologie" ein für den Praktiker sehr schätzenswerthes Schema zusammengestellt, wie man aus dem Verhalten von Krystallen oder Theilen von solchen zwischen gekreuzten Nicols bei Drehung des Präparates auf das Krystallsystem schliessen kann:

1. Alle Schnitte sind zwischen gekreuzten Nicols bei der Drehung des Präparates stets dunkel, dann ist die betreffende Substanz amorph oder regulär.

2. Einige Schnitte sind zwischen gekreuzten Nicols bei der Drehung des Präparates stets dunkel, einige Schnitte sind stets hell, die meisten zeigen einen Wechsel von hell und dunkel, dann ist die Substanz:

a) rhombisch, wenn in allen Schnitten die Auslöschungsrichtungen parallel sind den krystallographischen Axen;

b) monoklin, wenn in einigen Schnitten (nämlich denen senkrecht gegen die Symmetrieebene) die Auslöschungsrichtungen parallel sind den krystallographischen Axen, in anderen nicht;

c) triklin, wenn in keinem Schnitte die Auslöschungsrichtungen parallel sind den krystallographischen Axen.

Besonders wichtig wird die Bestimmung der Auslöschungsrichtungen zur Erkennung von auch noch so verborgenen Verzwillingungen von Krystallen. Dr. E. Kalkowský führt in der citirten Abhandlung als Beispiel einen polysynthetisch verzwillingten Plagioklas[1]) an, der senkrecht gegen die Zwillingsebene durchschnitten, alle Lamellen, die sich zu einander in paralleler

[1]) Trikliner Feldspath, chemische Zusammensetzung $Na_2 (Al_2) Si_6 O_{16}$, also ein Gemenge von Natron, Thonerde und Kieselsäure, bisweilen Kalkerde, so wie der mit ihm verwandte Anorthit, $Ca (Al_2) Si_2 O_8$, enthaltend.

geometrisch dargestellt, das Wellenthal nichts Anderes als einen (negativen) Wellenberg bedeutet.

Bei Phasendifferenzen von Bruchtheilen einer Wellenlänge werden Wellenberg und Wellenthal entgegengesetzter Phase nur theilweise zusammentreffen, es wird also blos eine theilweise Vernichtung der Wellenbewegungen auftreten und die Stellen des Keiles, an denen die Dicke derart ist, dass die Phasendifferenz keine ganzen, sondern Bruchtheile von Wellenlängen beträgt, werden hell erscheinen, also wenn wir gelbes Natriumlicht genommen haben, werden am Gypskeile gelbe und dunkle Streifen parallel zur Schneide des Keiles auftreten, welche, da ja an jenen Stellen, wo die Dicke eine Phasendifferenz von ganzen Wellenlängen bewirkt, Dunkelheit eintritt, in Abständen von einander liegen, die einer Phasendifferenz von 1 λ entsprechen. Da aber, wie die Optik lehrt, die Wellenlängen der verschiedenen Farben verschieden sind, so müssen, so wie wir z. B. Licht von kürzerer Wellenlänge anwenden, die Streifen zusammenrücken. In monochromatischem blauen Lichte werden die Streifen näher liegen als im gelben, da blaues Licht etwa 0·450 μ (Tausendstel Millimeter), gelbes 0·589 μ Wellenlänge hat. Für rothes Licht, welches circa 0·670 μ Wellenlänge besitzt, sind die Abstände der dunklen Streifen natürlich grösser als für gelbes Licht. Nehmen wir zu dem Versuche aber nicht monochromatisches, sondern etwa Sonnenlicht oder das Licht einer Auerlampe, so wird, da das weisse Licht dieser Lichtquellen aus Lichtarten von sehr verschiedener Wellenlänge λ zusammengesetzt ist, bei einer bestimmten Dicke des Krystalles, welcher einer bestimmten Verzögerung des einen Strahles gegen den anderen entspricht, die Phasendifferenz für die Schwingungen der verschiedenen Farben verschieden sein. Bei einer Farbe, z. B. violett, kann gerade Vernichtung, für eine andere, z. B. roth, eine Addition, also Verstärkung resultiren. Bei verschiedener Dicke der Platte, die verschiedene Phasendifferenz bewirkt, fallen natürlich immer andere Farben aus, die übrigbleibenden Farben geben zusammen eine Mischfarbe, welche also bei gleicher Doppelbrechung von der Dicke des Plättchens abhängig ist und den sogenannten „Polarisationston“ des Gesichtsfeldes bewirkt, wenn das Plättchen das ganze Gesichtsfeld ausfüllt. An dem Gypskeile werden also in weissem Lichte bei parallelen Nicols gewisse Farben an Stelle der abwechselnden hellen und dunklen Streifen treten, bei gekreuzten die Complementärfarben zu den bei parallelen Nicols auftretenden Farben. Vergleichen wir diese am Gipskeil auftretenden Farben mit denjenigen an den Newton'schen Ringen, so werden die bei parallelen Nicols erscheinenden Farben jenen entsprechen, die die Newton-schen Farbenringe bei durchfallendem Lichte, also in der Durchsicht aufweisen, die bei gekreuzten Nicols auftretenden Farben dagegen jenen, die bei auffallendem (reflectirtem) Lichte an den Newton'schen Farbenringen zu sehen sind.

Diese Polarisationsfarben hängen natürlich auch von dem Grade der Doppelbrechung des Plättchens ab, da ja die Spaltung des einen polarisirten Strahles in zwei gegen einander verzögerte Strahlen durch die doppelbrechende Kraft des Plättchens bewirkt wird. Da nun zwischen dem gekreuzten Polarisator und Analysator im letzteren eine Umkehrung der Schwingungsphase erfolgt, wie wir oben gesehen haben, so müssen bei Anwendung weissen Lichtes diejenigen Farbentöne besonders deutlich zur Erscheinung kommen, für welche die Verzögerung (Phasendifferenz) λ 2 oder einem ungeraden Vielfachen von λ 2 entspricht, da dann keine entgegengesetzte Phasendifferenz von ganzen Wellenlängen vorhanden ist, also keine Vernichtung, sondern Verstärkung eintritt. Kennt man also die auftretende Interferenzfarbe, so kann man bei bekannter Dicke, die sich ja messen lässt, den Grad der

Doppelbrechung der Krystallplatte bestimmen, was natürlich für den Praktiker sehr wichtig werden kann, da bei der optischen Analyse auch die Stärke der Doppelbrechung eine charakteristische Eigenschaft gewisser Substanzen (Kalkspath, Natronsalpeter etc.) ist.

Deshalb muss man sich diese Farbentöne einprägen und man benützt hiezu am einfachsten die Anschauung, die ein Gypskeil, der 45° zu den Schwingungsebenen des Polarisators und Analysators orientirt ist, das heisst derartig auf den Objecttisch aufgelegt wird, dass die Schwingungsebene der Gypsplatte mit den Armen des justirten Fadenkreuzes einen Winkel von 45° bilden, darbietet. Man erkennt die richtige Orientirung schon daran, dass die Lebhaftigkeit der beim Drehen des Gypskeiles sich nicht im Farbentone, sondern blos in der Intensität ändernden Farben bei einer Lage von 45° am grössten wird. Prof. Rollet in Graz hat die Newton'sche Farbenscala, die bekanntlich von Schwarz anfangend in sechs Ordnungen, von denen jede mit einer Nuance von Roth abschliesst, bis zu Weiss aufsteigt, richtiggestellt. Die Newton'sche Scala wird meist mit Zahlen versehen, die jeder Farbe beigesetzt sind und diejenige Luftdicke in $\mu\mu$, das ist in Milliontheilen von Millimetern, angeben, bei welcher der betreffende Farbenton sich im bekannten Newton'schen Apparate zwischen der ebenen Glasplatte und der convexen Glasplatte, zwischen denen die Luftschicht, die die Interferenz erzeugt, eingeschlossen ist, zeigt, so von Prof. Valentin in seinem von uns schon genannten Buche „Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe" etc. Für den Mikroskopiker hat natürlich die Angabe der Dicke eines Gypsplättchens, das die betreffende Farbe gibt, wie sie Rollet seiner Farbenscala beisetzte, mehr Werth, da, wie wir sehen werden, meistens solche verzögernde Gypsplättchen als Nebenapparate zum Polarisationsmikroskope in der optischen Analyse benützt werden. Auch die Benennung der Farben ist von Rollet ewas geändert worden; so nennt z. B. Rollet die von Valentin als „eisengrau" bezeichnete zweite Farbe der I. Ordnung „dunkellavendelgrau", die dritte Farbe, welche Valentin „lavendelgrau" nannte, bezeichnet Rollet als „heller lavendelgrau" und die vierte Farbe der I. Ordnung, die bei Valentin „graublau" genannt wird, heisst bei Rollet „sehr hell lavendelgrau". Bekanntlich ist ja die Empfindlichkeit für und die Auffassung der Farbentöne bei verschiedenen Menschen verschieden, kann aber, wenn nicht ein Fall von Farbenblindheit vorliegt, durch Uebung ausserordentlich gesteigert werden. So sollen die italienischen Mosaikkünstler in ihrem sogenannten „Stiftkasten" über 30.000 verschiedene Farbentöne verfügen![1])

Im Nachstehenden sei die Rollet'sche Tabelle der Newton'schen Farben, die durch Interferenz zwischen gekreuztem Analysator und Polarisator entstehen, wiedergegeben.

Ordnung	Dicke des angewendeten Gypsplättchens in mm	Farbe
	0·020	dunkellavendelgrau
	0·022	heller lavendelgrau
	0·024	sehr hell lavendelgrau
	0·025	bläulichweiss
I	0·027	grünlichweiss
	0·029	gelblichweiss
	0·030	blass strohgelb
	0·040	braungelb
	0·048	orange
	0·051	roth

[1]) Dr. W. E. A. Zimmermann's Populäres Handbuch der Physik, Berlin, Gustav Hempel 1857, S. 113.

Ordnung	Dicke des angewendeten Gypsplättchens in *mm*	Farbe
II	0·053	purpur
	0·056	violett
	0·059	indigo
	0·065	himmelblau
	0·070	heller himmelblau
	0·076	sehr hell blaugrün
	0·080	hellgrün
	0·085	gelbgrün
	0·090	gelb
	0·096	hell orange
	0·100	roth
III	0·110	purpurviolett
	0·120	blau
	0·130	grün (Meergrün)
	0·140	gelb (Blaugelbgrün)
	0·150	roth
IV	0·16—0·20	purpur, graublau, meergrün
	0·20—0·24	graugrün, grauroth
V	0·25—0·29	matt blaugrün, matt fleischroth
VI	0·30	matt blaugrün.

Dr. H. Ambronn (in seiner „Anleitung etc.") verzeichnet in der IV., V. u. VI. Ordnung mehr und etwas andere Farben als Rollet, er gibt für die IV. Ordnung: hellviolett, bläulichgrün, grün, hellgrün, gelb, hellgelbroth, hellroth, für die V. Ordnung: hellblau, hellgrün, weisslich, hellroth, für die VI. Ordnung: hellblau, hellgrün, weisslich, hellroth.

Dr. Weinschenk in seiner schon citirten „Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskopes" gibt eine Tabelle für zwei Ordnungen der Interferenzfarben, wobei er bei jeder Farbe die Verzögerung in Millionstel Millimetern beisetzt, durch welche sie entsteht (grau hat z. B. in der I. Ordnung eine Verzögerung von 50 μμ (Millionstel Millimeter) zu seiner Entstehung nothwendig, violett I (I. Ordnung) 575 μμ. Dieses Violett hat also eine Phasendifferenz, die nahezu die Wellenlänge für gelb erreicht (589 μμ). Das Gelb wird daher vernichtet. Dieses Violett heisst man auch teinte sensible, empfindliche Farbe, weil diese Interferenzfarbe eine Uebergangsfarbe ist, die schon durch die kleinsten Aenderungen der Verzögerung beeinflusst wird; sie ändert sich, wenn die Verzögerung geringer wird, in purpur, wenn sie grösser wird, in indigo. Dr. Weinschenk rechnet daher die Ordnungen von einem Violett zum anderen, statt von roth zu roth (S. 68 in Dr. Weinschenk's Anleitung). Bei Rollet gehört violett (teinte sensible) mit purpur schon in die II. Ordnung, sowie bei Valentin. Es müsste also nach Rollet, Valentin u. a., insbesondere auch Rosenbusch das empfindliche Violett „violett II" heissen. Valentin bezeichnet in seiner Tabelle das helle Blauviolett, womit seine III. Ordnung anfängt, als „Uebergangsfarbe". Der Praktiker wird also aus dieser vergleichenden Darstellung ersehen, dass auf diesem Gebiete keine zu grosse Uebereinstimmung herrscht, denn was der eine Gelehrte als violett I bezeichnet, muss der andere als violett II bezeichnen, denn man ist übereingekommen, bei Interferenzfarben durch Beisetzung der römischen Ziffer die Ordnung zu bezeichnen. Schon Valentin hat auf die

steht, also entgegengesetzt oder rechtwinkelig zum anderen polarisirt ist. Aus dieser theoretischen Erwägung wird es erklärlich, dass wir, wenn wir ein solches „$^1/_4$ Glimmerplättchen“ auf dem Objecttische aus der Lage von $\pm$ 45° herumdrehen, nacheinander die verschiedensten polarisirten Lichtstrahlen erhalten, indem gewissermassen der Kreis zur Ellipse und dann diese zur Linie gestreckt wird. Diese geometrischen Linien sollen aber nichts anderes als die Bewegungsbahnen der nach der Undulationshypothese schwingend gedachten Aethertheilchen vorstellen. Man denkt sich dabei durch die lichterregende Kraft ein bestimmtes Aethertheilchen aus der unendlich grossen Schaar derselben herausgesucht und hinsichtlich dessen Bewegung nach mechanischen Grundsätzen, also z. B. den Gesetzen des Kräfteparallelogramms beurtheilt.

Kehren wir zu unserem Plättchen (sei es aus Gyps, Glimmer oder anderem anisotropem Material) zwischen gekreuztem Polarisator und Analysator zurück. Jeder Lichtstrahl, der, vom Polarisator polarisirt, in das Plättchen eintritt, wird durch die Doppelbrechung in zwei senkrecht aufeinander polarisirte Strahlen zerlegt. Denken wir uns nun diese Lichtstrahlen als Kraftrichtungen und das Aethertheilchen als Theilchen eines ungemein elastischen Stoffes, so wird es durch die Wirkung des einen Strahles in einer und durch die des anderen Strahles in einer anderen, auf der ersteren senkrecht zu denkenden Richtung hin und her bewegt werden. Da aber beide Strahlen gleichzeitig auf das Aethertheilchen wirken, so kommt nach dem Gesetze vom Kräfteparallelogramm eine Diagonale als Resultirende zu Stande, deren Grösse und Richtung natürlich von den beiden Componenten abhängt.

Wenn beide Wellenbewegungen (und wir denken uns der Einfachheit halber monochromatisches Licht von nur einer Wellenlänge angewendet) auf das Aethertheilchen so einwirken, dass sie beide gleich gross sind, also das Theilchen ebensoweit in der einen als in der anderen Richtung hin und her bewegen würden, wenn jede für sich allein wirken würde, so sind beide Componenten ganz gleich und die Resultirende ist eine Diagonale des Kräfteparallelogramms, die den Winkel am Angriffspunkte beider Componenten halbirt. Beide Componenten können aber nur gleich sein, wenn keine Phasendifferenz vorliegt, so dass in Wellenlängen ausgedrückt $\lambda = 0$ ist. Dann fällt aber auch die Resultirende, da wir die Orientirung der Axenebene des Plättchens mit + 45° (die Lagen der kleinsten und grössten optischen Elasticität in dem Plättchen in der Ebene des Objecttisches) vorgenommen haben, wie eine einfache geometrische Darstellung ergibt, mit einer der Schwingungsrichtungen — der polarisirenden oder der analysirenden Vorrichtung — zusammen und wird daher, da wir ja von gekreuzten Nicols[1]) ausgingen — ausgelöscht. Ist die Phasendifferenz also gleich Null, so bilden die Bahnen der schwingenden Aethertheilchen gerade Linien. Auf ähnlichem Wege lässt sich geometrisch nachweisen, dass bei einer Phasendifferenz von $\frac{\lambda}{8}$ eine Ellipse und bei $\frac{\lambda}{4}$ ein Kreis als Bahn der Aethertheilchen entsteht. Bei $^3/_4\,\lambda$ wird wieder ein Kreis entstehen, doch wird das Licht nunmehr bei Orientirung des Plättchens unter + 45° links kreisförmig polarisirt sein, während es bei $\frac{\lambda}{4}$ rechts polarisirt war. Wir erzählen hier die einfachen Thatsachen, ohne die mathematischen Beweise zu geben, da der Raum dieses für den Praktiker

[1]) Wir werden in Hinkunft, wenn wir von gekreuztem Polarisator und Analysator sprechen, dies kurz mit + Nicol und bei parallelen mit Nicols bezeichnen, obgleich ja z. B. der Polarisator des Mikroskopes Fig. 339 d. B. kein Nicol ist.

einiger Vorsicht wenigstens in der Hauptsache sicher gehen. Man orientirt und justirt beide Nicols auf „Dunkelstellung" (+ Nicols), klappt dann sehr langsam und sachte den Condensor heraus, ohne den Nicol des Polarisators zu berühren, und legt nun die Gypsplatte, die in diesem Falle in runder, in den Blendenträger des betreffenden Beleuchtungsapparates passender Fassung montirt sein muss, in den Blendenträger so ein, dass die grösste Elasticitätsaxe unter + 45° zur Schwingungsebene des Nicols steht. Bei den früher gewöhnlich zu Polarisatoren gebrauchten Nicols älterer Construction mit rhombischem Querschnitt ist die Schwingungsrichtung parallel mit der kürzeren Diagonale. Man stellt also die an der Fassung der Gypsplatte ausgezeichnete „Richtung grösster Geschwindigkeit" in einem Winkel von 45° zur erwähnten Diagonale ein und klappt den Blendenträger sammt dem Nicol wieder ein. Bei den verschiedenen anderen „Nicols" (siehe Fussnote S. 434 dieses Leitfadens) neuerer Construction muss die Schwingungsrichtung erst bestimmt werden, was eigentlich auch zur Justirung des Instrumentes gehört. Zu diesem Behufe nimmt man am einfachsten den Tubus ganz weg, stellt das Mikroskop auf eine schwarze Unterlage (z. B. schwarze Wichsleinwand) und schaltet den Polarisator ohne alle Linsen ein. Der Planspiegel des Mikroskopes wird bei gutem Lichte, wenn das Mikroskop in gewöhnlicher, nicht umgelegter (verticaler) Stellung steht, mit Hilfe eines Transporteurs auf circa 125° gegen die horizontale schwarze Fläche eingestellt, das ist auf 90° + 35°, dem Polarisationswinkel für Reflexionspolarisation an Glasplatten.[1]) Blickt man durch den Polarisator auf den Spiegel, so wird man die schwarze Fläche darin gespiegelt sehen, und dreht man nun den Polarisator, so wird derselbe gegenüber dem Planspiegel als Analysator wirken und in einer bestimmten Stellung Dunkelheit ergeben. Da das durch Reflexion polarisirte Licht senkrecht zur Einfallsebene schwingt, so wird, wenn der Nicol Dunkelheit gibt, seine Schwingungsrichtung parallel zur Einfallsebene des Spiegels stehen, und da man die letztere kennt, wird man auch die Schwingungsrichtung des Polarisatorprismas kennen, die man auf dessen Fassung durch einen Strich markiren kann. Mit diesem Strich muss der Strich, der auf der Fassung der Gypsplatte deren grösste Geschwindigkeitsrichtung bezeichnet, einen Winkel von 45° bilden. Bei einem mit vollständigem Abbe'schen Beleuchtungsapparat versehenen Mikroskope, wie z. B. Fig. 326 d. B. ein solches zeigt, richtet man den Polarisator *P* stets so, dass, wenn der Blendenträgergriff *D* des Beleuchtungsapparates, an dem sich der Blendenträger ja horizontal herumdrehen lässt, nach einer bestimmten Seite gegen die Säule *Y* (Fig. 326) stösst, also nicht weiter gedreht werden kann, der Polarisator mit dem auf 90° oder 270° gestellten Analysator *A* oder dem Nicol *N* gekreuzt steht. Es ist dann nach Einlegen des Gypsplättchens unter 45° zur Schwingungsrichtung des Polarisators der Blendenträger nur soweit zu drehen, bis er an die Säule *Y*, die die Kippung des Statives trägt, anstösst, und man hat sowohl die Nicols in richtiger Stellung zu einander, als auch das Gypsplättchen richtig orientirt. In mancher Hinsicht ist es praktisch, wenn der Analysator des Polarisationsmikroskopes einen Schlitz hat, wie *A* in Fig. 326 d. B. Man kann dann auch, wenn der Tubus keinen Schlitz haben sollte, verschiedene Plättchen, also z. B. das fast unentbehrliche Plättchen roth I in den Schlitz des Analysators einlegen. Freilich ist man auch hier beschränkt, da beim Drehen des Analysators sich das Gypsplättchen mitdreht. Jedenfalls bleibt es, sowie man die Nicols kreuzt, in der richtigen Stellung zu den Schwingungsrichtungen derselben stehen. Nun kommen wir dazu, was man mit Hilfe des derart

[1]) Vergl. S. 432 u. 433 d. B.

Analyse. Natürlich ist man, wie schon oben erwähnt, nicht an ein Gypsplättchen von Roth I. Ordnung gebunden, auch andere Gypsplättchen, wofern man nur die Höhe ihres Polarisationstones kennt, ja auch andere Krystallplättchen lassen sich in ähnlicher Weise verwenden, denn auch sie geben ja, je nach dem Zusammenfallen der Elasticitätsaxen, Additions- oder Subtractionsfarben. Wir haben oben der Hugo v. Mohl'schen Collection von Gyps- und Glimmerplättchen Erwähnung gethan und auch erwähnt, dass das Glimmerplättchen von $\frac{\lambda}{4}$ Wellenlänge, unter einem Winkel von 45° orientirt, circularpolarisirtes Licht gibt, ferner dass z. B. Quarz (Bergkrystall), ohneweiters geradlinig polarisirtes Licht in kreisförmig polarisirtes Licht verwandelt. Natürlich hat man diese Eigenschaft des Bergkrystalls ebenfalls als Hilfsmittel[1]) zur Verfeinerung der optischen Analyse im polarisirten Lichte benützt, und zwar in ähnlicher Weise wie Gyps. Da beim Bergkrystall (Quarz) die Dicke der Platte ebenfalls massgebend für die Farbentöne ist, die sich zwischen den Nicols zeigen, so hat man, ähnlich wie Gypskeile, auch Quarzkeile geschliffen und in der optischen Analyse angewendet. Natürlich verwandelt jede Stelle des Quarzkeiles, ohne Rücksicht auf die Dicke, geradlinig polarisirtes Licht in kreisförmig polarisirtes. Man kann somit geradlinig polarisirtes Licht mittelst einer Quarzplatte oder eines Quarzkeiles, die etwa im Spalt des Analysators (etwa wie in Fig. 338 d. B. bei *g*) untergebracht werden kann, in kreisförmiges verwandeln, um es zur optischen Analyse heranzuziehen. Man spricht dann von circularer Analyse linearpolarisirten Lichtes. Man kann aber auch schon kreisförmig polarisirtes Licht durch den zu analysirenden Körper schicken und mit dem gewöhnlichen Analysator untersuchen, indem man z. B. eine Quarzplatte über dem Polarisator einlegt, so dass der zu untersuchende Körper, der auf dem Objecttische liegt, von kreisförmig polarisirtem Licht durchdrungen wird, dann spricht man von linearer Analyse circularpolarisirten Lichtes, endlich kann man circularpolarisirtes Licht etwa durch Einlegen eines $^1/_4$ Glimmerplättchens unter $\pm$ 45° zu den Schwingungsebenen der Nicols über dem Polarisator erzeugen und nachdem es durch den zu untersuchenden Körper gegangen ist, durch eine unter dem Analysator angebrachte Quarzplatte beobachten, dann sagt man, es sei das circularpolarisirte Licht circular analysirt worden. Natürlich kann man auch umgekehrt oben ein $^1/_4$ Glimmerplättchen und unten eine Quarzplatte benützen, doch ist die Quarzplatte meist durchsichtiger als das Glimmerplättchen, weil letzteres meist Ritze zeigt. Ein weiteres Mittel zur Erzeugung circularpolarisirten Lichtes ist das Fresnel'sche Paralleliped (Valentin S. 151), welches heutzutage seltener angewendet wird, weshalb wir dessen Beschreibung unterlassen.

Wir wollen nun gleich zur kreisförmigen Polarisation übergehen, welche bekanntlich im weissen Lichte Farbenerscheinungen darbietet, wollen aber der Einfachheit wegen den ersten Versuch mit monochromatischem Lichte machen. Wir bringen eine senkrecht zur optischen Axe geschliffene Quarzplatte (Bergkrystallplatte), wie solche bei jedem Fabrikanten von Polarisationsapparaten zu haben ist, auf den Objecttisch des Mikroskopes zwischen $\pm$ Nicol und beleuchten den Mikroskopspiegel mit Natriumlicht. Wir können die Quarzplatte (etwa eine solche von 3 *mm* Dicke) drehen wie wir wollen, das Gesichtsfeld bleibt hellgelb, so wie das Natrium-

[1]) Die Anwendung von Krystallplatten elliptisch oder circular polarisirten Lichtes ($\frac{\lambda}{4}$-Glimmer, Quarz etc.) in der optischen Analyse nennt man „indirecte Compensation", jene geradlinig polarisirten Lichtes „directe Compensation" (Gyps etc.).

der man bis an die obere Marke Bleiessig zusetzt. Schüttelt man den Inhalt jetzt kräftig durcheinander, so wird man nach dem Absetzen und Filtriren eine fast farblose Flüssigkeit erhalten, die man sofort polarisiren kann, wobei jedoch nicht ausser Acht gelassen werden darf, dass zu der Anzahl der abgelesenen Grade, wegen der vorgenommenen Verdünnung, $^1/_{10}$ hinzuzuaddiren ist. Eiweisslösungen sollen zum Zwecke der Klärung über Bruns'sche Watte, die keine nennenswerthe Menge Eiweiss zurückhält, filtrirt werden.

Ist ein diabetischer Harn sehr hell gefärbt und klar, so kann er durch Papier filtrirt und sofort in die Glasröhre behufs Bestimmung gefüllt werden. Dunkel gefärbter, trüber oder Eiweiss führender Harn muss, wie erwähnt, zuerst geklärt und von allen störenden Substanzen befreit werden. Hier führt am besten eine concentrirte Lösung von Bleizucker zum Ziele, indem durch dieselbe ein weisses flockiges Präcipitat, aus Chlorblei, schwefelsaurem und phosphorsaurem Bleioxyd bestehend, ausgeschieden wird, welches alle Farbstoffe des Harns, sowie auch den etwaigen Eiweissgehalt mit sich reisst. Wird diese Flüssigkeit nunmehr über Kieselguhr filtrirt, so erhält man eine beinahe wasserhelle Lösung, welche die Zuckermenge unverändert enthält. Die Umrechnung auf das in Folge der Verdünnung durch die Bleizuckerlösung vermehrte Volumen geschieht, wie eben angegeben, durch Benützung eines Mischkölbchens mit zwei Marken.

Nach dieser Abweichung vom eigentlichen mikroskopischen Beobachten im polarisirten Lichte schliessen wir die Erörterungen über die Anwendung der Interferenzfarbenerscheinungen und der Circularpolarisation in der optischen Analyse, soweit es sich um Erscheinungen paralleler Strahlen handelt, und gehen zu jenen im convergenten polarisirten Lichte über, um zum Schluss eine Uebersicht der wichtigsten, auf den beschriebenen Erscheinungen basirenden optischen Hilfsapparate bei Benützung des Polarisationsmikroskopes zu geben.

Die Interferenzbilder (Axenbilder) und die Untersuchung auf Axenaustritt.

So wie die auf S. 459 und 460 erwähnten Drehapparate gestatten, die Beschaffenheit von Kryställchen und Schnitten (Schliffe) grösserer doppelbrechender Krystalle nicht nur in einer, sondern nacheinander in verschiedenen Richtungen zu studiren, so gewähren die jetzt zu besprechenden Interferenzbilder (Axenbilder) die Möglichkeit, auf einmal die optischen Erscheinungen der Krystalle gleichzeitig zu überblicken. Zu diesem Zwecke wird das Object nicht eigentlich mikroskopisch betrachtet, sondern der optische Apparat des Polarisationsmikroskopes benützt, um einerseits für grössere Krystallschliffe die Turmalinzange, den Nörremberg'schen, Wild-'ehen und andere in der Physik gebräuchliche Polarisationsapparate zu er-zen, andererseits bei kleineren Krystallen mit mehr Deutlichkeit die 'ferenzbilder wahrzunehmen. Obgleich diese Anwendung des Polarisations-skopes weniger dem Praktiker, als dem forschenden Gelehrten zu statten 'n dürfte, kann auch der Praktiker zur Erkennung vieler Substanzen n Nutzen davon ziehen. Eine ausführliche Darstellung dieser Materie llerdings den Rahmen dieses Leitfadens überschreiten, die wichtigsten hörigen Erscheinungen können aber nicht übergangen werden. Erwähnt ion auf S. 459, dass Stärkekörner unter dem Polarisationsmikroskope kteristisches dunkles Kreuz zwischen gekreuzten Nicols zeigen. Ge-r gekühlte Gläser zeigen bei genügender Dicke farbige Ringfiguren. riele organische Körper, z. B. Schnitte aus getrockneten Augen-Thieren (Valentin), die Schuppen der Blätter von Eleagnus

angustifolia u. a. m. zeigen auch bei der gewöhnlichen Betrachtung durch das Mikroskop im parallelen polarisirten Lichte ähnliche Kreuzfiguren.[1]) Bei Krystallplatten muss aber zur Sichtbarmachung der Axenbilder convergentes Licht diese durchsetzen. Wie Valentin in seinem oft citirten Buche auf S. 179 ausführt, muss man eben die Platten von doppelbrechenden Krystallen dünn machen, um Gangunterschiede zu erhalten, die nicht weiss geben (vergl. über den Einfluss der Dicke auf die Interferenzfarben im polarisirten Lichte S. 469 u. ff. vorliegenden Leitfadens). Um also die Farbenringe und die Kreuzfiguren an Krystallschliffen zu sehen, wird man sich des convergenten Lichtes bedienen müssen, damit die polarisirten Strahlen den betreffenden verhältnissmässig dünnen Krystall genügend von allen Seiten, also auch schief durchsetzen. Valentin nannte die hiefür dienenden Linsen Convergenzlinsen. Der gewöhnliche Abbe'sche Beleuchtungsapparat bietet solche Convergenzlinsen dar und ebenso alle anderen in der Mikroskopie Condensoren genannten Beleuchtungsapparate. Wie oben bei Beschreibung der Polarisationsmikroskope ausführlich auseinandergesetzt wurde, hat man sinnreiche Apparate erdacht, um vom parallelen zum convergenten Lichte übergehen zu können (vergl. oben die Beschreibung der Polarisationsmikroskope auf S. 441 u. ff. des Leitfadens), so insbesondere Weinschenk's Condensorzange. Bevor wir die Benützung der Interferenzbilder zur Untersuchung auf den „Axenaustritt" näher skizziren, müssen wir die einfachste Methode, ein sogenanntes „Axenbild" zu sehen, anführen. Wir setzen hier voraus, dass man blos ein mit einem Condensor, z. B. Abbe'schen Beleuchtungsapparat versehenes Mikroskop vor sich hat, welches durch einen nach der Art des in Fig. 325 d. B. abgebildeten construirten Polarisationsnebenapparat zu einem Polarisationsmikroskop umgestaltet wurde. Wir verschaffen uns einen in allen Handlungen und Werkstätten für Polarisationsmikroskope erhältlichen, meist in Kork gefassten Dünnschliff des stark doppelbrechenden Kalkspathes, am besten senkrecht zur optischen Axe, legen den Dünnschliff auf den Objecttisch des Mikroskopes, setzen den Polarisator ein, entfernen das Ocular, schrauben ein stärkeres Objectiv, etwa Reichert's 5 oder 6 (Carl Zeiss' *C* oder *D*) an, nehmen das Ocular heraus, setzen den Analysator auf den Tubus auf, kreuzen die Nicols und blicken bei weissem Lichte nun

Fig. 343. Fig. 344.

[1]) Einfachbrechende Körper, so z. B. gewöhnliches Glas, können durch rasche Abkühlung, Pressung, Dehnung etc solche molekulare Veränderungen erfahren, dass sie doppelbrechend werden, ohne darum ein krystallinisches Gefüge aufzuweisen. Eine ähnliche Structur haben wohl auch die Stärkekörner durch ihr Wachsthum erhalten, sie zeigen eine eigenartig concentrirte Schichtung Auch viele andere organische Objecte zeigen solche Schichtung und dabei Doppelbrechung. Die Doppelbrechung solcher Substanzen bewirkt schon im parallelen Lichte Interferenzbilder, die den Axenbildern der Krystalle sehr ähnlich sind, während bei Krystallen, wie wir gleich sehen werden, die Interferenzbilder erst erscheinen, wenn die betreffenden doppelbrechenden Krystalle von convergenten Lichtbündeln durchleuchtet werden. Die Doppelbrechung bei jenen Körpern, die schon im parallelen Lichte Interferenzbilder zeigen, muss daher von jener in Krystallen verschieden sein. In der That lässt sich die Erscheinung von Interferenzbildern im parallelen Lichte nur so auffassen, dass jene Gangunterschiede, die bei Krystallen durch die am Rande längeren und in der Mitte kürzeren Wege der convergenten polarisirten Strahlen sich ergeben und die die Axenbilder durch Interferenz zustande bringen — bei Glas u. s. w. von ungleicher, vom Rande her gegen die Mitte abnehmender Doppelbrechungseigenschaft herrühren. Diese ungleiche Doppelbrechung lässt sich aber durch molekulare Spannungen und durch Schichtungen gewiss erklären.

(Condensor) in ein Bündel paralleler Strahlen umgewandelt, die in jeder innerhalb des Oeffnungswinkels des betreffenden Condensors möglichen Neigung gegen die optische Axe des Mikroskopes austreten. Diese parallelen Bündel durchsetzen in schiefen Richtungen das Object, hier den Krystall *K*, und werden durch das Objectiv *L'* in dessen oberer Brennebene *F'* wieder Punkt für Punkt zu einem Bilde vereinigt. In diesem Bilde entspricht also jeder Punkt einer bestimmten Richtung in dem Krystall *K*. Es werden daher bei Anwendung polarisirten Lichtes in jedem Punkte des Bildes Interferenzerscheinungen sichtbar werden, die sogenannten „Axenbilder". Die einfachste Methode, Axenbilder zu sehen, ist eben die oben geschilderte Lasaulx'sche. Eine andere ist die mittelst der Klein'schen Lupe. Eine in der Fassung verschiebbare Lupe wird auf das Ocular, beziehungsweise bei einem Apparate, wie dem in Fig. 325 abgebildeten, auf den Analysator aufgesetzt. Das Bild erscheint dann vergrössert. Die beste Methode ist jene, bei der die Bertrand'sche Linse, auch Bertrand-Amici'sche Linse genannt, in Anwendung kommt. Sie ist bei allen besseren Polarisationsmikroskopen am Tubus einschiebbar angebracht und haben wir sie schon auf S. 442, 445, 446, 455 d. B. bei Beschreibung der betreffenden Mikroskopstative, beziehungsweise meines in Fig. 335 abgebildeten Hilfstubus kennen gelernt. Mit ihr zusammen wirkt bei einer gewissen Einstellung des einschiebbaren Tubustheiles, der bei den vollkommensten Mikroskopen für mineralogische Zwecke (z. B. dem in Fig. 327 abgebildeten Reichert'schen bei *a*) mittelst Zahn und Trieb verschiebbar ist, das Ocular als Hilfsmikroskop, welches, auf die Brennebene *F'* eingestellt, ein deutliches Axenbild in vergrössertem Masstabe zeigt. Beim Hilfstubus, wie er in Fig. 335 abgebildet ist, wirken Ocular und Linse zusammen ebenfalls als Hilfsmikroskop. Aehnliche Einrichtungen sind die sogenannten Axenbilder-Oculare,[1]) wie z. B. Carl Zeiss ein solches von bester Wirkung liefert. Die Axenbilder erscheinen sowohl bei Anordnung des Nicols im Oculare und über dem Oculare, als auch über dem Objective, sobald die in Fig. 345 schematisch dargestellten Bedingungen gegeben sind. Man bedient sich dabei stets des Condensors. Da, wie oben bemerkt, die Anzahl der Richtungen der das zu untersuchende

[1]) S. Czapský (Zeitschr. für Instr. Kunde 22, 158 ex 1894) hat ein Axenbilderocular mit Irisblende angegeben, welches nicht zur directen Beobachtung, sondern zur Isolirung von Axenbildern dient und daher mit dem gedachten, ein Hilfsmikroskop darstellenden Zeiss'schen Axenbilderoculare nicht verwechselt werden wolle. Das Czapský'sche Ocular soll eigentlich nur die bei grossen mineralogischen Stativen, wie z. B. C. Reicherts auf S. 443 unseres Buches in Fig. 327 abgebildetem Stativ Ic, im Tubus angebrachte Irisblende *J* ersetzen, die, wie schon S. 443 oben bemerkt wurde, dazu dient, um bei Untersuchung von Krystallgemengen, wie solche sich bei Mineraldurchschnitten oft darbieten, behufs Beobachtung des Interferenzbildes eines einzelnen Kryställchens dieses gerade in die Mitte des Gesichtsfeldes bringen und, um das Axenbild ungestört durch die Axenbilder der Umgebung betrachten zu können, durch entsprechendes Zusammenziehen der Sicheln der Irisblende von der Umgebung isoliren zu können. Dieses Czapský'sche Ocular besteht aus einem Ocularstutzen mit Irisblende, in welche ein Ramsden'sches Ocular eingeschoben werden kann. Eine Glasplatte mit Strichkreuz ist unter der Irisblende so angebracht, dass sie durch das Ocular scharf gesehen werden kann. Man sucht nun in dem betreffenden Mineraldurchschnitt den zu untersuchenden Krystall auf gewöhnlichem mikroskopischen Wege heraus, bringt ihn mit Hilfe des Strichkreuzes in die Mitte des Gesichtsfeldes, schnürt ihn mittelst der Irisblende von der Umgebung ab und entfernt nun das Ramsden'sche Ocular. Hierauf stellt man das Objectiv so ein, dass nach der Lasaulx'schen Methode das Axenbild erscheint. F. Becke hat in seiner Zeitschrift „Mineralogische und petrographische Mittheilungen" 14, Heft 4, eine Vorrichtung beschrieben, bei der auf die Czapský'sche Iris, die mit dem Ramsden'schen Einschiebocular versehen bleibt, eine Klein'sche Lupe aufgesetzt wird. Sie kann mit einem Glasmikrometer combinirt und zum Ausmessen der scheinbaren Axenwinkel (von diesen später) benützt werden. Sowohl Czapský's Irisblendenocular als die Becke-Klein'sche Lupe mit Messvorrichtung (Glasmikrometer) sind bei R. Fuess in Steglitz zu haben und in C. Leiss' „Optische Instrumente" auf Seite 218 u. ff. ausführlich beschrieben.

Kreuz von Ringen umgeben erscheint, ebenso bei einem zweiaxigen Krystall ein Bild wie in Fig. 347 bei *c* erscheinen soll, und zwar sind die beiden hyperbelartigen dunklen Curven, durch welche farbige Ringe pfauenaugenartig verlaufen, die optischen Erscheinungsformen der beiden Axen. Zweiaxige Körper sind solche, bei denen die Doppelbrechung in zwei Richtungen, welche miteinander stets zwei stumpfe und zwei spitze Winkel bilden, aufgehoben erscheint. Diese zwei Richtungen sind die optischen Axen. (Vergl. S. 476 vorliegenden Leitfadens.) Die Entfernung der Scheitel der beiden Hyperbeln (Pole genannt) kann gemessen werden und gibt uns ein Mass des schlechtweg sogenannten „Axenwinkels", das heisst nicht etwa des Winkels der optischen Axen im Krystall (S. 476 d. B.), sondern den Winkel der in der Richtung der optischen Axen durch den untersuchten Körper gegangenen Lichtstrahlen nach ihrem Austritt in Luft (Axenaustritt). Er ist von der Brechbarkeit des angewendeten Lichtes abhängig, kann daher im monochromatischen Lichte für verschiedene Farben untersucht werden. Bald ist der Winkel um die erste Mittellinie für die rothen, bald für die blauen Strahlen der grössere. Jede Substanz hat hier charakteristische Verhältnisse. In dieser sogenannten „Dispersion der optischen Axen" (Axenaustritt) besitzt

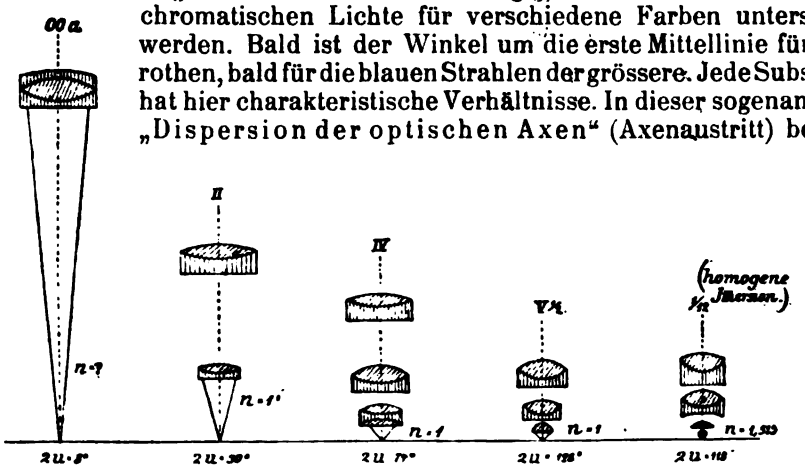


Fig. 346.

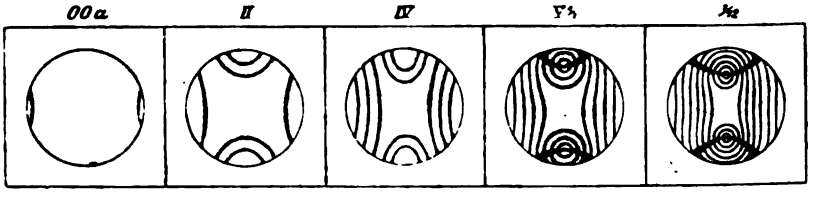


Fig. 347. c

man ein Kennzeichen mehr für optisch zweiaxige Substanzen. (Vergl. Dr. Rinne, „Das Mikroskop im chem. Laboratorium", S. 62 u. ff.) Im monochromatischen Lichte kann man die Entfernung der dunklen Hyperbelpole am Axenbilde sehr leicht messen, etwa bei den Arbeiten mit der Bertrand'schen Linse einfach mittelst eines Ocularmikrometers. Bei der Lasaulx'schen Methode müsste man eine eigene Scala anfertigen und in das Objectiv einlegen lassen, bei der Klein'schen Lupe wäre die Theilung wohl leichter anzubringen,[1]) aber in Folge des sogenannten Parallaxenfehlers sehr schwer zu benützen, bei

[1]) H. Lenk (s. Zeitschr. für Kryst. 25, 379 ex 1896) hat ein Axenwinkelmikrometer zum Einlegen in das Objectiv bei R. Fuess construiren lassen. F. Becke hat, wie schon oben erwähnt, die Klein'sche Lupe mit einem Mikrometer versehen und auf das oben geschilderte Czapský'sche Irisblendenocular aufgesetzt, um damit die scheinbaren Axenwinkel zu messen.

der beiden Nicols mit der Ebene der optischen Axen (vergl. S. 476 dieses Leitfadens) parallel steht. Man sieht eine einigermassen kreuzartige Figur, rechts und links vom senkrechten Kreuzbalken erscheinen eigenartige Curven, nämlich sogenannte Lemniscaten. Die Axen selbst treten in den Brennpunkten des Curvensystems aus (Axenaustritt). Dreht man das Object auf dem Objecttisch aus der Lage, in der die Axenebene mit einem Nicolhauptschnitt zusammenfällt, heraus (wir sprechen vom Nicolhauptschnitt, weil es so üblich ist, obgleich ja, wie z. B. an dem Mikroskope Fig. 339, die polarisirende Vorrichtung ein Glasplattensatz sein kann), so beginnt sich das schwarze Kreuz in der Mitte eigenthümlich zu öffnen und je zwei angrenzende Arme des Kreuzes vereinigen sich zu einer Curve, welche nach einer Drehung der Platte um 45° eine hyperbelartige Gestalt angenommen haben wird. Die einzigen Punkte, die während dieser Drehung stets dunkel bleiben, sind die Austrittspunkte der beiden optischen Axen, die sich an den Hyperbelpolen zeigen. Wie schon oben erwähnt, gibt ihre Entfernung ein Mass des Axenwinkels. Wie erwähnt, müssen wir auf die auch dem Praktiker

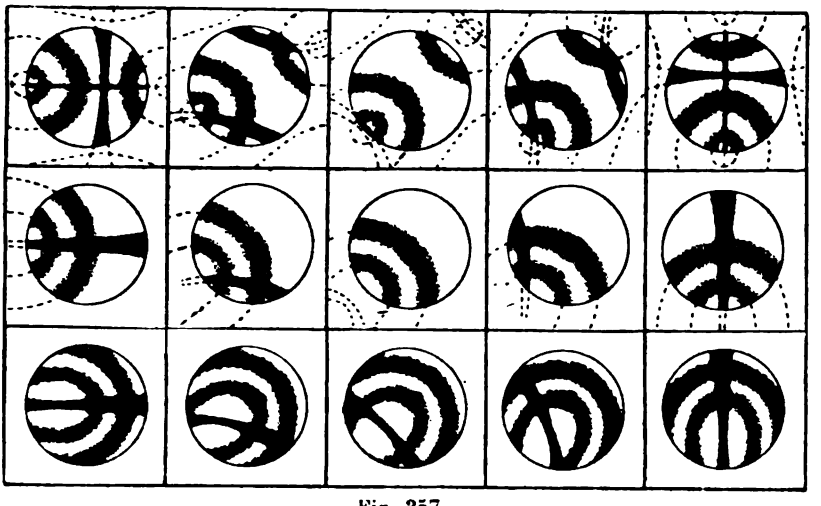


Fig. 357.

leicht verständlichen Werke von Dr. Weinschenk und Dr. Rinne hinsichtlich der Messung der Axenwinkel, weiters der sogenannten Dispersion der optischen Axen u. s. w. verweisen. Noch wollen wir nach Dr. Weinschenk in Fig. 355 das Interferenzbild eines zweiaxigen Krystalles mit sehr kleinem und in Fig. 356 eines solchen mit sehr grossem Axenwinkel betrachten. Das Bild Fig. 355 ähnelt einem solchen eines einaxigen Krystalles. Jenes Fig. 356 erinnert an Fig. 349, nur sind hier die Contouren doppelt. Fig. 356 zeigt keinen Axenaustritt mehr, auch Trockenobjective und Condensoren grosser Apertur lassen die Axen nicht mehr im Gesichtsfeld austreten. In einem Schnitt senkrecht zur ersten Mittellinie wird man aber bei Anwendung eines Immersionssystems und eines Tropfens Immersionsöl zwischen oberster Condensorlinse und Objectträger wohl in allen Fällen den Axenaustritt beobachten können. Hier tritt der Wert der hohen numerischen Aperturen und des Immersionsprincipes besonders hervor (vergl. Weinschenk S. 96).

In Fig. 357 zeigen wir nach Weinschenk ein Gegenstück zu Fig. 350, nämlich Axenbilder von schief zur Mittellinie geschnittenen zweiaxigen Krystallen. Die Aehnlichkeit mit den Bildern in Fig. 350 ist in die Augen fallend, doch zeigt sich bei Umdrehung mittelst des drehbaren Objecttisches

auf S. 478 u. ff. gelegentlich der Beschreibung der am Mikroskopstativ verwendbaren zwei- oder vierfachen Quarzplatten im Stauroskopocular benützt, so erhält man 4. das Stöber'sche Stauroskopocular (vergl. C. Leiss, Optische Instr. S. 220), in dem eine Quarzdoppelplatte, die zwischen gekreuzten Nicols nicht, wie die im Ultzmann'schen Saccharimeter (S. 480 d. B.) verwendete, eine bläuliche, sondern eine dem Roth I. Ordnung (vergl. S. 470 und 471 d. B.) entsprechende gleiche Färbung beider Platten aufweist, eingelegt ist, oder 5. das Schrauf'sche Stauroskopocular, bei welchem die Kalkspathdoppelplatte durch eine Bertrand'sche Quarzplatte, die wir auf S. 479 als viertheilige, aus vier Sectoren von abwechselnd rechts und links drehendem Quarz (Bergkrystall) zusammengesetzte, kennen gelernt haben, ersetzt ist. Das Schrauf'sche Stauroskopocular ersetzt in der Construction, die ihm C. Reichert in Wien gegeben hat, ein Fadenkreuzocular, da die durch die Kittfugen der vier Quarzsectoren entstehende Kreuzfigur genau so justirt ist und auch so justirt sein muss, wie ein gewöhnliches Fadenkreuzocular (vergl. oben S. 461, 462, 463 und 464).

Uebrigens kann auch 6. eine gewöhnliche, senkrecht zur Axe geschliffene Quarzplatte, Biot-Klein'sche Quarzplatte von 3·75 *mm* Dicke, welche entweder in einen Schlitz über dem Objective eingeschoben (Zeiss) oder zwischen Tubus und Objectiv mittelst eines Normalgewindes, wie solches die Objective gewöhnlich aufweisen (Merker in Wien), eingeschraubt wird, als Stauroskop benützt werden, da sie bei einer bestimmten Stellung des Analysators das empfindliche Violett I (vergl. S. 471 „teinte sensible") als Grundfarbe des Gesichtsfeldes erscheinen lässt, auf welchem Grunde die farblosen zu untersuchenden Krystalle nur bei genauester Einstellung ihrer Auslöschungsrichtungen ebenfalls violett erscheinen und bei der kleinsten Drehung aus dieser Lage schon eine Farbenänderung aufweisen. Da die circularpolarisirende Biot-Klein'sche Quarzplatte bei Verstellung der Nicols je nach der relativen Lage des Analysators zum Polarisator eine ganze Reihe von Farben erscheinen lässt, so ist man an die Benützung des Violett I nicht gebunden und kann z. B. bei schon an sich gefärbten Krystallen, je nach deren Farbe, durch Drehung des einen Nicols jene Farbennuance hervorsuchen, bei der der gefärbte Krystall nicht die geringste Drehung aus der Auslöschungslage zulässt, ohne seine Färbung auffällig zu verändern. Es leuchtet ein, dass auch 7. eine Gypsplatte von 0·0575 *mm* Dicke, die unter 45° zu den Schwingungsrichtungen der gekreuzten Nicols orientirt zwischen diese irgendwo, z. B. in einen Schlitz des Tubus über dem Objective eingeschoben wird und nach der Dr. Weinschenk'schen Tabelle das Violett I gibt, auch als Stauroskop dienen kann. Das empfindlichste Stauroskop ist aber 8. die Bravais'sche Doppelplatte, die aus den beiden um 180° zu einander verdrehten und nach Art der Calderon'schen Doppelplatte unter Beachtung der Entstehung einer scharf sichtbaren Kittfuge vereinigten Hälften eines Gypsplättchens von 0·0575 *mm* Dicke besteht. Man sieht beide Hälften gleich gefärbt (violett I), so lange kein doppelbrechender Krystall auf dem Objecttische liegt. Sowie dies geschieht, ändern beide Hälften in entgegengesetztem Sinne, soweit sie vom Krystall gedeckt werden, ihre Farbe und die Nebeneinanderstellung der entstehenden Farben macht das Instrument so empfindlich, dass man nach Dr. Weinschenk damit schon die Doppelbrechung erkennt, die ein Glaswürfel erleidet, wenn man ihn mit den Fingern zusammenpresst. Dass man unter solchen Umständen auch die Auslöschungsrichtungen, in denen eben die Doppelbrechung des betreffenden Körpers aufgehoben ist, auf das Schärfste wird einstellen können, ist einleuchtend, ebenso aber auch, dass bei Anwendung dieses Stauroskopes schon die geringste Doppelbrechung der im Mikroskope verwendeten Gläser sehr störend wirken muss. Die unter

stärke des angewandten Objectes wechselt, mit jener des Comparators in Uebereinstimmung zu bringen suchen. Fuess in Steglitz hat deshalb den Quarzkeil im Comparator so eingesetzt, dass derselbe, wenn er an der Scala, die die jeweilige Dicke der im Gesichtsfeld des Comparators (also auch in jenem des Mikroskopes) gerade erscheinenden Quarzkrystalle anzeigt, nur wenig über den Nullpunkt hinausbewegt wird, was man an dem mit dem Quarzkeile verbundenen Schieber sieht, ausgeschaltet ist und anstatt der in das Ocular projicirten Farbe Dunkelheit eintritt. Da nun die Helligkeit des Mikroskopgesichtsfeldes durch die am Polarisator des Mikroskopes angebrachte Irisblende regulirbar ist, so trachtet man durch entsprechende Einstellung dieser das kreisförmige Gesichtsfeld des Mikroskopes mit dem es concentrisch umschliessenden Gesichtsfelde des Quarzkeilcomparators auf gleiche Dunkelheit zu bringen (C. Leiss, Opt. Instr. S. 225 u. ff.). Abgesehen von der Schwierigkeit der Einstellung gleicher Dunkelheit, muss das zu vergleichende Krystallplättchen hinsichtlich seiner Dicke bekannt, dessen Schnitt genau orientirt, ferner farblos sein, da ja eine eigene Färbung des Kryställchens die Vergleichung der Newton'schen Farben beeinträchtigen würde, so dass die Anwendung eines Comparators nur in wenigen Fällen rathsam erscheint. Dr. Weinschenk hat in seiner oft citirten Anleitung auf S. 71 in prägnanter und doch erschöpfender Weise die Compensatoren, von denen wir schon oben z. B. das Gypsplättchen vom Roth I. Ordnung kennen gelernt haben, und welche als Hilfsmittel in der optischen Analyse weitgehendste Anwendung finden (vergl. S. 477 d. B.), als viel exactere Bestimmungen gestattende und bedeutend sicherere Behelfe den Comparatoren zur Ermittlung der Stärke und des Charakters der Doppelbrechung gegenübergestellt.

C. Die Compensatoren.

Die Compensatoren beruhen auf der Erniedrigung oder Erhöhung der Farbe durch Hinzufügung einer Krystallplatte zu der zu untersuchenden, um eine Additions- oder Subtractionsfarbe zu erzielen. Das Princip wurde oben schon genügend erörtert. Die Doppelbrechung zweier Krystalle und somit auch deren Interferenzfarben compensiren sich, wenn gleichwerthige Schwingungsrichtungen zu einander gekreuzt liegen; sie addiren sich, wenn gleichwerthige Schwingungsrichtungen parallel liegen (Dr. Weinschenk S. 75). Ueber die Unterscheidung von directer und indirecter Compensation ist das Nothwendigste auf S. 477 angegeben worden. Ausser des erwähnten Gypsplättchens vom Roth I. Ordnung bedient man sich besonders auch Gyps- oder sonstiger doppelbrechender Krystallplatten, z. B. aus Quarz, die das Violett I. Ordnung (Weinschenk) geben. Für stärker doppelbrechende Substanzen ist nach Weinschenk das Violett II. Ordnung brauchbarer. Man bringt sie in der bekannten Weise in dem Schlitz über dem Objective oder in dem Schlitz des auf das Ocular aufsetzbaren Analysators an. Gegen Verkratzen werden sie geschützt, indem sie mittelst Canadabalsam zwischen zwei dünnen Glasplatten eingekittet werden. Da z. B. bei Gyps- oder Glimmerplättchen die Orientirung in $\pm$ 45° nöthig ist, so muss sowohl der Schlitz zum Fadenkreuzocular die entsprechende Richtung haben, als auch muss der Compensator entsprechend zwischen die Glasplatten oder in eine Kork- oder Pappendeckelfassung eingelegt sind. So unterscheidet man Compensatoren mit paralleler und mit diagonaler Schwingungsrichtung. Diese pflegt an der Fassung stets durch einen Pfeil angegeben zu sein. Auf S. 474 ist auch die Collection von Hugo v. Mohl erwähnt, welche acht zur optischen Analyse brauchbare Gyps- und Glimmerplättchen, also auch das sogenannte $^1/_4$ λ Glimmerplättchen enthält und durch alle Mikroskopgeschäfte bezogen

Berührung, und zur weiteren Gewähr kann noch ein dem Instrument beigegebenes Diaphragma benützt werden, das wie beim Gebrauch des Stauroskopes auf die Fassung der Augenlinse gesetzt wird und nur senkrecht auf die Scala zu blicken gestattet.

Unmittelbar über der Scala und dem Keil ist schliesslich noch eine durch das Knöpfchen *J* zu bedienende Irisblende eingefügt, durch deren gewölbte Lamellen die Einengung des Sehfeldes bei den kleineren Oeffnungen wenigstens nahe der Bildebene stattfinden kann.

Die kleine, auf das in den Tubus einzusteckende untere Rohrende aufgeschraubte Leiste *l* orientirt die Stellung des Compensators, indem dieselbe in den unter 45° zum Hauptschnitt der Mikroskope in das Tubusende eingeschnittenen Schlitz eingreift.

Die Augenlinse des Oculares ist in der Hülse des letzteren für die scharfe Einstellung auf die Theilung beweglich. Zum Aufsetzen des Analysators dient der bekannte an der Ocularhülse befestigte Teller *T*.

Die Messung mit dem Apparat wird nun in der Weise vollzogen, dass, nachdem der zu untersuchende Krystall im Sehfeld des Oculares in den von dem Keil zur Hälfte bedeckten Theil gebracht ist, mit Hilfe der Triebbewegung der Keil so lange verschoben wird, bis der Krystall dunkel erscheint; an dieser durch gleichzeitige directe Ablesung im Sehfeld zu ermittelnden Keilstellung besitzt der Krystall die gleiche Doppelbrechung wie die abzulesende Keilstelle selbst. Hat man sich schon vor Benützung des Apparates mit Hilfe der Mikrometerscala die Werthe des Keiles tabellarisch festgesetzt, so kann der Grad der Doppelbrechung direct durch Ablesung gefunden werden.

Neben dieser von Amann zuerst vorgeschlagenen Methode zur Bestimmung der Stärke der Doppelbrechung kann nun bei der am vorbesprochenen Apparat veränderten Keilanordnung auch die Messung durch Vergleich, und zwar nach dem Vorgange von Michel-Lévy vollzogen werden. Es setzt dies jedoch in allen Fällen die Untersuchung von isolirten Krystallplättchen, welche sowohl mikroskopisch klein als auch von beliebiger Grösse sein können, voraus. Zur Messung bringt man das der Bestimmung zu unterziehende Präparat in den vom Keil nicht bedeckten Theil des Sehfeldes, und zwar möglichst in Contact mit der die Mitte des Sehfeldes durchziehenden Keilkante, worauf durch Verschieben des Keiles die Farbe des Präparates mit derjenigen des Keiles in die zum Vergleich nöthige Uebereinstimmung zu bringen und wie im vorigen Fall die ermittelte Stelle an der Scala abzulesen ist.

Ein Nachtheil des Michel-Lévy'schen Comparators, der darin besteht, dass die Lichtintensitäten der Bilder im Mikroskop sich mit der Vergrösserung gegenüber der Intensität des Comparators ändern, ist bei diesem Apparat aus leicht zu erkennenden Gründen von vornherein ausgeschlossen.

Der Keil, welcher mit dem Eisengrau der ersten Ordnung beginnt, enthält die Farben der drei ersten Ordnungen. Die Orientirung des Keiles ist so getroffen, dass seine Schneide parallel der kleinen Elasticitätsaxe verläuft.

Schliesslich kann die Mikrometerscala in dem Compensatorocular noch dazu dienen, dasselbe als ein gewöhnliches Mess- (Mikrometer-) Ocular verwenden zu können. Zu diesem Zweck wird jedem Instrumentchen eine Werthtabelle für den Gebrauch mit sämmtlichen Fuess'schen Objectiven beigegeben. Ein auf demselben Principe wie Amann's Birefractometer beruhendes, viel billigeres, aber ganz brauchbares Compensatorocular einfacherer Construction ist ebenfalls von R. Fuess in Steglitz angefertigt worden.

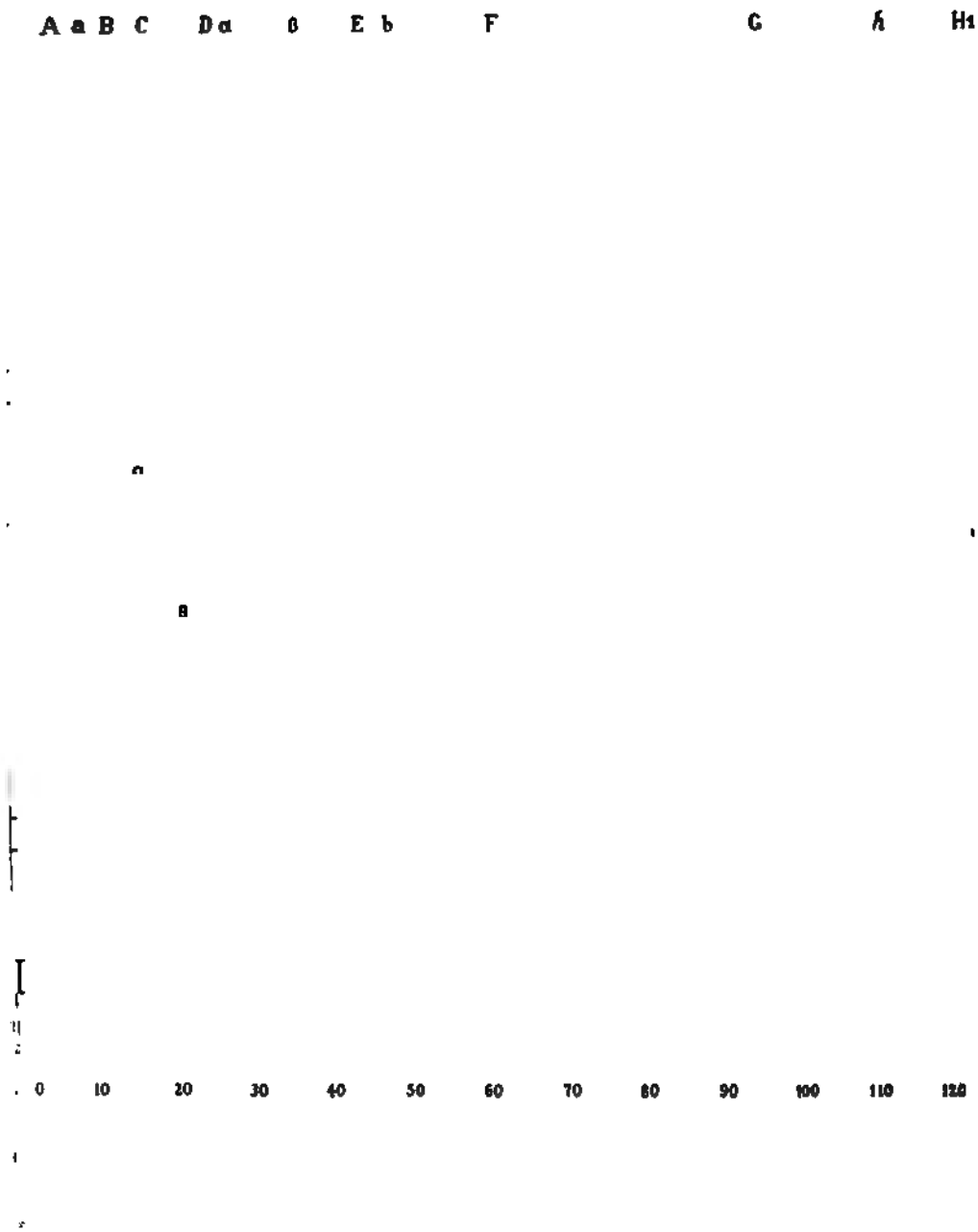
Bei diesem auf dem gleichen Princip beruhenden Apparate ist die Zahn- und Triebbewegung, mittelst derer die Keilverschiebungen vorgenommen

eine Lupe vergrössert betrachtet werden kann. Mittelst eines solchen Spectralapparates entdeckte Frauenhofer die nach ihm „Frauenhofer'sche Linien" benannten dunklen Striche, welche das Spectrum senkrecht zu dessen Längenausdehnung durchziehen. Die stärksten dieser Linien treten auch bei der Projection auf einem Schirme genügend deutlich hervor. Frauenhofer hat sie mit den grossen Buchstaben des Alphabetes *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, H_1, H_2 benannt. Einzelne, wie z. B. die *D*-Linie, erscheinen in einem guten Bunsen'schen Spectralapparat doppelt. Frauenhofer selbst gelang es nicht nur, viele der anscheinend einfachen Linien in mehrere aufzulösen, sondern er konnte schon mittelst seiner Apparate im sichtbaren Sonnenspectrum circa 600 Linien auffinden. Ich sage im sichtbaren Sonnenspectrum, weil später unter Anwendung von Flusspath- und Quarzprismen von Cornu, Schuhmann, Stokes, Soret u. A. mittelst photographischer Aufnahme[1]) oder Benützung fluorescirender Schirme im ultravioletten Theile, sowie von J. Müller, Langley, Rubens und Snow mittelst feinster Wärmemessapparate im ultrarothen Gebiete des Spectrums, welches durch das menschliche Auge nicht mehr wahrgenommen werden kann, analoge Streifen wie die Frauenhofer'schen Linien entdeckt wurden.

Erst den beiden deutschen Gelehrten Kirchhoff und Bunsen war es vorbehalten, den Zusammenhang zwischen den Frauenhofer'schen Linien und der Lichtquelle klarzustellen, und das Resultat ihrer Untersuchungen veröffentlichten sie in dem damals Aufsehen erregenden Werke: „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen" im Jahre 1860. Zahlreiche Forscher befassten sich nunmehr mit Untersuchungen auf diesem Gebiete. Jedem Gebildeten sind ja die Erfolge der Spectralanalyse in der Astrophysik, sowie auf dem Gebiete der physikalischen und physiologischen Chemie bekannt. Wir wollen hier nur das Wichtigste recapituliren. Die Spectren selbst theilt man je nach ihrer Entstehung ein in Emissions- und in Absorptionsspectren. Ein Emissionsspectrum ist beispielsweise das Spectrum einer Bogenlampe, ein Absorptionsspectrum jenes der Sonne. Das Spectrum einer Kerzenflamme, einer elektrischen Bogenlampe mit nichtimprägnirten Kohlen (sowie die Kohlen etwa mit Metallsalzen imprägnirt sind, wie z. B. beim Bremer-Licht, geben sie das den betreffenden Metallen eigenthümliche Linienspectrum, wobei das gewöhnliche Spectrum von einzelnen hellen Linien senkrecht auf die Längenausdehnung des Spectrums durchzogen erscheint), das Spectrum der gewöhnlichen Auerlampe weist so ziemlich alle Farben des Sonnenspectrums auf, aber ohne die Frauenhofer'schen Linien. Solch ein Spectrum ist ein continuirliches Emissionsspectrum. Bringt man in die elektrische Bogenlampe etwas Kochsalz, etwa durch Einlegen in den Krater der bei Gleichstromlicht ausgehöhlten + Kohle, die man bei solchen Experimenten gegen den sonstigen Gebrauch unten placirt, damit das Salz nicht herausfällt, so erscheint im Spectralapparat, der Spaltbreite entsprechend, dort, wo im Sonnenspectrum die dunkle *D*-Linie ihren Platz hat, eine überaus helle gelbe Linie, es ist das Emissions-Linienspectrum des Natriums, da Kochsalz doch aus Chlor und Natrium besteht. Bringen wir nun vor der Bogenlampe, zwischen ihr und dem Kollimatorrohr, eine Bunsenflamme an und lassen in ihr auf einem Porzellanlöffelchen Kochsalz schmelzen, bis es dampft und die Bunsenflamme gelb färbt, und geht nun das Licht der Bogenlampe durch die von dem Porzellanlöffelchen aufsteigenden Dämpfe (die schon soweit abgekühlt sein müssen, dass sie selbst nicht leuchten) zum

[1]) Ein zur photographischen Aufnahme des Spectrums geeigneter Apparat heisst Spectrograph. Da Glas zu viel ultraviolette Strahlen verschluckt, so wendet man, um auch diese chemisch sehr wirksamen Strahlenbezirke aufnehmen zu können, Quarz- oder Flusspathspectrographen an.

Fig. 367.



Ausser von Zeiss wird das Abbe'sche Spectralocular auch von anderen Firmen geliefert, so insbesondere von der schon erwähnten Firma Fuess in Steglitz, welche es oben mit einem kleinen Ansatz, der einen Analysator aufzusetzen gestattet, versieht, um so an einem Polarisationsmikroskope die Spectra der Interferenzfarben doppeltbrechender Krystalle zu beobachten. Wir werden später einen Spectralapparat kennen lernen, der, ursprünglich für physiologische Forschungen ersonnen, ebenfalls Spectral- und Polarisations-Erscheinungen zu combiniren und mineralogischen Untersuchungen dienstbar zu machen gestattet. Natürlich kann das Mikrospectralocular, wie es Fuess construirt, auch zu anderen Untersuchungen benützt werden, bei welchen der Analysator wegfällt. Sonst ist eben Fuess' Mikrospectralocular mit jenem von Zeiss in Bau und Grösse fast congruent.

Aehnlich wie von Zeiss, aber etwas abweichend, wird das Abbe'sche Mikrospectralocular von C. Reichert in Wien hergestellt. Fig. 366 [in der Fussnote [1]) auf S. 511] zeigt es zum Theile im Durchschnitte. Das Prismensystem „à vision directe" ist weiss gelassen, es besteht aus einem dreiprismigen Amici-Körper. Dieser kann durch die Schraube **P** etwas geneigt werden, um die durch das bei *a'* ein- und ausschiebbare, mit zwei planconvexen Projectionslinsen versehene Scalenrohr mit Hilfe des Spiegels *S'*

In diesem trefflichen Buche finden sich auch die Abbildungen, die in Fig. 368 und 369 wiedergegeben erscheinen, und auf welche wir sogleich zu sprechen kommen, sowie die obenbesprochene Fig. 365 [Fussnote [2]) auf S. 511 dieses Leitfadens]. Gegenwärtig benützt man als Masstab bei spectroskopischen Messungen, wie schon Listing vorgeschlagen hatte, fast ausschliesslich die Wellenlängen der einzelnen Spectralfarben, beziehungsweise die in Fig. 369 abgebildete, nach dem Astrophysiker Angström, der sie zuerst bei seinen spectroskopischen Arbeiten thatsächlich in Anwendung brachte, benannte „Angström'sche Scala", die als Bezifferung die Wellenlängenzahlen der betreffenden Spectralfarben trägt, so dass sie „Wellenlängenscala" genannt wird. Da die Wellenlänge aller sichtbaren Theile des Spectrums mit mathematischer Verlässlichkeit ermittelt wurde und somit für die gesammte wissenschaftliche Welt als feststehende Grösse betrachtet wird, so sind Apparate zu spectroskopischen Untersuchungen, bei denen als Masstab eine Wellenlängenscala dient, in ihren Resultaten absolut vergleichbar, vorausgesetzt, dass die Scalen richtig justirt, nämlich so angebracht sind, dass die Striche und Wellenlängenziffern der Scala auch wirklich den betreffenden Bezirken des Spectrums entsprechen. Wie dies zu verstehen ist, soll sofort an der Hand der Fig. 367 und 369 erklärt werden. Zeiss gibt seinen Mikrospectralocularen stets eine Messvorrichtung bei, die auf der Angström'schen Wellenlängenscala beruht und in Fig. 362, in der, wie schon erwähnt, ein Zeiss'sches Mikrospectralocular im Querschnitt abgebildet ist, hat man diese Wellenlängenscala (weiss auf schwarzem Grunde) in *N* angebracht zu denken; sie ist nicht photographirt, sondern durch Gravirung auf berusstem Glase hergestellt, wird durch den Spiegel *O* erleuchtet und durch die Linse bei *R* vergrössert. Das vergrösserte Bild der hellen weissen Scalenstriche und Ziffern spiegelt sich auf der obersten Fläche des Amici-Körpers ab und wird vom Beobachter gleichzeitig mit dem Spectrum gesehen, etwa so, wie dies auf Tafel Fig. 367 bei *I* dargestellt ist; die weisse Scala scheint über dem Spectrum zu schweben. Damit sie aber, je nach dem Auge des Beobachters, in dessen richtige Sehweite eingestellt werden kann, muss das Scalenrohr *N* in einem anderen Rohr verschiebbar angeordnet sein. Bei Weitsichtigen muss die Scala von der Linse entfernt, bei Kurzsichtigen ihr genähert werden. Dies geschieht bei den Apparaten von Zeiss, Reichert u. a. durch Verschiebung aus freier Hand, nachdem man die obere Ocularlinse zuerst auf den Spalt und dann auf die Frauenhofer'schen Linien scharf eingestellt hat, welch letztere freilich zu ihrer Sichtbarkeit Tageslicht erheischen, wie ja schon oben erwähnt wurde. Die blosse Einstellung auf den Spalt, die meist empfohlen wird, genügt nicht bei jedem Menschen, da das Auge bei der blendenden Lichtlinie des feinen Spaltes sich bei vielen Personen anders accommodirt, als bei dem verhältnissmässig lichtschwachen Spectrum mit den schwarzen Linien. Die Einstellung auf den Spalt ist daher nicht immer auch die für das Spectrum günstigste; ja wenn man, wie dies für die Benützung des Vergleichsspectrums nothwendig ist, das Vergleichsprisma einklappt, beleuchtet und nun auf die leider etwas tiefer als die Spectralebene liegende schwarze, der Längenausdehnung der Spectren parallel laufende Trennungslinie des Hauptspectrums und des Vergleichsspectrums scharf einstellt, so kommt diese Einstellung jener auf die Frauenhofer'schen Linien, von denen besonders die Linien *D* und *F* (*D* im Gelb, *F* im Blau) leicht auffindbar und einstellbar sind, an Genauigkeit nicht gleich. Wenn Tageslicht nicht zur Verfügung steht, kann man die an Stelle der *D*-Linie tretende Natriumlinie auffinden, wenn man

dann verengern, den Amici-Körper wieder vorschalten und nun durch das Mikrospectroskop blicken. Solche Uebungen sind sehr empfehlenswerth. Immer werden sich bei Oxyhämoglobin zwei Absorptionsstreifen zwischen den Frauenhofer'schen Linien *D* und *E* und eine Verdunkelung im Violett, welch letztere am leichtesten durch Vergleich mit dem Sonnenspectrum (Anwendung des Vergleichsprismas) deutlich zur Anschauung gelangt, zeigen.[1]) In fast allen wissenschaftlichen Werken findet man die Angabe, dass das Spectrum der ammoniakalischen Carminlösung oder auch einer Pikrocarminlösung (sehr stark verdünnt) dem Oxyhämoglobinspectrum gleiche. Ich habe die verschiedenartigsten Carminlösungen, sowohl aus Cochenille selbst bereitete, als aus käuflichem Carmin hergestellte untersucht und nur eine geringe Aehnlichkeit gefunden. Hier zeigt sich die Wichtigkeit der Anwendung des Vergleichsprismas: Wer die Spectren der Carminlösung und Blutlösung wirklich übereinander vergleicht, kann sie nicht verwechseln. Die beiden Streifen der verdünnten Carminlösung sind viel breiter als jene des Hämoglobins, stehen näher zusammen und haben die Tendenz, bei gesteigerter Schichtendicke der Flüssigkeit ganz in ein schwarzes Band zu verschmelzen. Es wäre zu weitläufig, die Unterschiede hier erschöpfend anzuführen. Uebung macht auch hier den Meister. Für den Ungeübten sei darauf hingewiesen, dass bei Oxyhämoglobin durch reducirende Mittel, wie z. B. Schwefelammonium, das womöglich frisch bereitet (in jeder Apotheke erhältlich) tropfenweise zugesetzt wird, sogleich die beiden Streifen bei *D* und bei *E* zu einem breiten Bande zusammenfliessen und sich das Spectrum so darstellt, wie in Fig. 367 III (reducirtes Hämoglobin), weil dem Oxyhämoglobin Sauerstoff entzogen wird, es also zu Hämoglobin reducirt wird. Statt Schwefelammonium kann man auch andere reducirende Substanzen benützen, z. B. Schwefelnatrium oder eine 50procentige Lösung des Hydrazinhydrates u. a. m. Bei Carmin wird natürlich diese Erscheinung ausbleiben. Schüttelt man die Hämoglobinlösung mit Luft, so nimmt das Hämoglobin wieder Sauerstoff auf und es bildet sich wieder Oxyhämoglobin mit den zwei charakteristischen Streifen. Im menschlichen Körper nimmt eben das Blut in Folge seines Hämoglobingehaltes in der Lunge bei der Athmung Sauerstoff auf, es wird hell (arterielles Blut). Im Körper gibt es dann den Sauerstoff ab, zum Theil wird Kohlensäure gebildet (die übrigens auch vom Hämoglobin in gewisser geringer Menge aufgenommen wird) und ausgeathmet, das des Sauerstoffes zum grössten Theile entledigte dunkle (venöse) Blut enthält nun hauptsächlich Hämoglobin. Ebenso leicht wie Sauerstoff nimmt das Hämoglobin auch Kohlenoxyd, das giftige Gas, welches sich im Kohlendunste und zu fünf Procent im Leuchtgase findet und schon viele Opfer durch schlecht ziehende Oefen oder schlecht schliessende oder offen gelassene Gasleitungen gefordert hat, in sich auf und bildet das Kohlenoxydhämoglobin, dessen spectrale Erscheinung wir in Fig. 367 II abgebildet haben. Wir sehen, dass die Streifen α und β etwas näher gegen das violette Ende zu und etwas enger beisammen stehen. Leiten wir Leuchtgas durch eine Blutlösung, die in einer Flasche mit einem doppeltgebohrten Stöpsel, durch welchen ein Rohr auf den Boden reicht, ein zweites, sehr langes und oben an der Spitze verengtes bis unter den Stöpsel, sich befindet, so beginnt die Flüssigkeit sich etwas heller roth zu färben.[2])

[1]) Auf dieses Verhalten des Blutfarbstoffes hat Hoppe-Seiler im Archiv für pathol. Anat. und Physiol. auf S. 446 des XXIII. Jahrg. 1862 zuerst hingewiesen.

[2]) Die in manchen sonst guten populären Werken, z. B. Prof. Johannes Ranke's physiologischer Skizze „Das Blut", München 1878, sich findende Angabe, das Kohlenoxydblut sei dunkel gefärbt und dem venösen ähnlich (S. 144 des citirten Werkes), ist falsch. Die helle Farbe des Kohlenoxydblutes ist vielmehr so charakteristisch, dass sie sogar den Leichen von Personen, die direct im Kohlendunst erstickt sind, ein eigenthümlich frisches Aussehen verleiht, wie ja dies die Gerichtsärzte auch als Merkmal des im Kohlendunste erfolgten Todes anführen.

eingestellt ist, gleich macht. Aus dem Verhältniss der beiden an den Trommeln *T* und *T'* abzulesenden Spaltweiten ergibt sich direct das Verhältniss der Lichtabsorption an den einzelnen verglichenen Stellen und man kann daraus z. B. bei Lösungen desselben Stoffes in der Flüssigkeit auf die Concentration schliessen oder, wie in unserem Falle, durch Hinzufügen oder Verdünnen einer Lösung, bis gleiche Lichtabsorption eintritt, dieselbe spectral vergleichbar machen, z. B. indem man eine Thierblutlösung der zu untersuchenden Lösung, mit der sie verglichen werden soll, an Gehalt absorbirender Stoffe gleich macht, also denselben Erfolg genauer erreicht, als dies durch die colorimetrische Methode erzielt werden kann. Natürlich kann das Mikrospectralphotometer auch noch zur Lösung anderer wissenschaftlicher Fragen herangezogen werden, doch dürfte der Praktiker weniger Interesse an diesen Anwendungsarten haben, weshalb wir hier auf dieselben nicht näher eingehen zu müssen glauben.

Die bisher besprochenen Apparate beruhen auf der Erzeugung eines Spectrums im Bereiche des beobachtenden Auges (subjectives Spectrum), die im Folgenden zu besprechenden Apparate beleuchten sozusagen das Object mit den verschiedenen Spectralfarben (objectives Spectrum), sie sind also eigentlich Beleuchtungsapparate und werden so wie der Abbe'sche Beleuchtungsapparat unter dem Objecttische angebracht. Da das früher an den grossen Stativen angebrachte centrirbare Substage (Fig. 34 auf S. 58 d. B.) jetzt nicht mehr, auch nicht an grossen Stativen, angebracht zu werden pflegt, die spectralen Beleuchtungsapparate aber eine sehr präcise Centrirung erfordern, so liefert die Firma Zeiss und andere zu solchen spectralen Nebenapparaten, die ein Spectrum in der Objectebene entwerfen sollen, einen eigenen „Centrirkopf" (Fig. 373), der genau so construirt ist, respective auf denselben mechanischen Hilfsmitteln (Schraube und Gegenfeder) beruht, wie das von uns oben auf S. 58 in Fig. 34 abgebildete „Substage", nur dass letzteres dazu diente, Condensoren und Blenden älterer Construction aufzunehmen und zu centriren, während ersterer in das Gestell des Abbeschen Beleuchtungsapparates neuerer Construction eingesetzt und mit ihm gehoben und gesenkt werden kann. Er lässt sich also mit der am Abbe-Gestell befindlichen Zahn- und Triebbewegung sammt den in ihn eingesetzten Apparaten in die Objectebene einstellen. Die Apparate erfordern bei den mittleren Stativen ein Umlegen des Obertheiles, da bei diesen die Tischhöhe nicht gross genug ist. Der obere Theil des Centrirkopfes ist in die Schiebhülse des Condensors einzuschieben, der untere ist neuerdings mit den Apparaten zur Erzeugung eines objectiven Spectrums fest verbunden. Bei diesen Apparaten kann entweder ein so grosses Spectrum in die Objectebene projicirt werden, dass das ganze Gesichtsfeld in einer einzigen Spectralfarbe, also durch monochromatisches Licht erleuchtet ist, oder ein so kleines, dass selbst bei stärkeren Vergrösserungen die Objecte gleichzeitig unter der Einwirkung der verschiedenen Spectralbezirke beobachtet werden können. Da diese Apparate gegenwärtig in der Praxis noch wenig Anwendung gefunden haben, so genügt es, ihre Construction und Anwendung kurz zu beschreiben, und zwar unter Zugrundelegung der tonangebend gewordenen Ausführungsform des Zeiss'schen optischen Institutes. Zur Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes mit einer Spectralfarbe dient der Beleuchtungsapparat für monochromatisches Licht nach Hartnack (Fig. 374). Das vom Spalte *Sp* ausgehende Licht wird durch die Collimator-

Fig. 373.

stellung der Scalenstriche auf das projicirte Spectrum geschieht durch Verschieben der Scala in der Richtung ihrer Rohraxe; die Parallelstellung der Striche mit den Frauenhofer'schen Linien dagegen durch Drehung der Scala in ihrer Ebene.

Mit Hilfe der Justirschrauben *s* und *s'* kann durch Neigen der Prismen die einer Frauenhofer'schen Linie entsprechende Stelle der Scala mit ersterer zur Coincidenz gebracht werden.

Wir haben bei Beschreibung des Mikrospectraloculars erwähnt, dass Fuess sein Mikrospectralocular so einrichtet, dass man zur Beobachtung von Interferenzfarben von Krystallen einen Analysator aufsetzen kann. (C. Leiss, Opt. Instr. S. 222.) Auch bei Anwendung des Spectropolarisators muss natürlich, wenn er zur Beobachtung der spectralen Zerlegung der Interferenzfarben dienen soll, das Mikroskop mit einem Analysator versehen sein. Die sonstige Anordnung ist jedem Leser dieses Buches verständlich, wenn er den die Polarisationsapparate am Mikroskope behandelnden Abschnitt studirt hat. Analysator und Polarisator müssen gekreuzt, das Gypsplättchen in *G* durch Drehung des betreffenden Fassungsringes, in den es eingelegt wird, derart orientirt sein, dass der Spalt des spectralen Theiles des Apparates zu den Schwingungsebenen der +Nicols einen Winkel von 45° bildet und dann die Schwingungsrichtung des schwächer gebrochenen Strahles der Gypsplatte (kleinere Elasticitätsaxe) senkrecht auf die Richtung der Spaltschneiden, die Schwingungsrichtung des stärker gebrochenen Strahles, (grösste Elasticitätsaxe), parallel zu den Spaltschneiden zu stehen kommt. Ist alles so justirt, so sieht man die Interferenzfarben des Gypsplättchens (so lange noch kein Object auf dem Objecttische liegt) spectral zerlegt, das heisst es erscheinen im Spectrum an Stelle der durch die Interferenz ausgelöschten oder in ihrer Intensität abgeschwächten Spectralfarben dunkle Streifen, die sogenannten Müller'schen Streifen. Für Roth I. und II. Ordnung zeigt sich der Streifen bei Wellenlänge 490, bei Roth III. Ordnung bei 495 μμ der Angström'schen Scala. Wie schon erwähnt, stellt sich der Streifen des Roth I. Ordnung minder scharf dar als jener des Roth der höheren Ordnungen. Legt man nun einen doppelbrechenden Körper auf den Objecttisch, so wirkt er bekanntlich in der Additionslage wie eine Verdickung, in der Subtractionslage wie eine Verdünnung des Gypsplättchens. Die Verdickung bewirkt eine Verschiebung des Müller'schen Streifens gegen das rothe, die Verdünnung eine solche gegen das violette Ende des Spectrums. Auch kommen bei wachsender Dicke (wenn die Interferenzfarbe steigt) zu dem einen Müller'schen Streifen andere hinzu und vertheilen sich immer gleichmässiger über das Spectrum, bis schliesslich bei neun Interferenzstreifen das Gesichtsfeld weisslich erscheint. Diese Erscheinungen treten auch bei Untersuchung weniger klarer Mineralschliffe oder organischer Gewebe noch deutlich hervor, wenn man intensives Licht verwendet, zum Beispiel directes Sonnenlicht, das man in einem gerade zur Beleuchtung des Apparates genügenden Bündel in ein sonst verdunkeltes Zimmer mittelst eines durch ein Uhrwerk dem Sonnenstande automatisch folgenden Spiegels („Uhrwerksheliostaten", bei Zeiss, Fuess, C. Reichert u. A. m. zu haben) wirft. Die Angström'sche Scala beleuchtet man in solchem Falle durch Lampenlicht und kann dann den Spiegel *Spl* (Fig. 376) abnehmen oder zur Seite drehen. Die beleuchtete Scala wird zunächst ohne Einschaltung des Gypsplättchens, nachdem man das Spectrum durch Heben oder Senken des Substages, in dem sich der Centrirkopf (Fig. 371) befindet, scharf in die Objectebene eingestellt hat, dass die Frauenhofer'schen Linien zu sehen sind, in der bekannten Weise justirt, respective durch vorsichtiges Drehen der Schräubchen *s* und s_1 des Spectropolarisators die Linie *D* mit 589 der Scala zusammenfallend gemacht. Spectrum und Scala

Apparate zur Mikrophotographie.

I. Allgemeines.

Wohl auf keinem Gebiete der Mikrotechnik begegnet man so verschiedenen einander widersprechenden Ansichten, als auf jenem der Mikrophotographie. Der eine Autor hält nur den horizontalen Apparat für geeignet, praktisch und wissenschaftlich zu arbeiten, der andere verwirft den horizontalen Apparat als zu umständlich und behauptet, in allen Fällen mit dem verticalen Apparate auszukommen. Ganz bedeutende Mikrophotographen empfehlen die Selbstanfertigung mikrophotographischer Instrumentarien aus Kisten und gewöhnlichen Reisecameras und betonen, dass sie selbst mit solchen Improvisationen die besten Resultate erzielt hätten, andere wieder halten subtil gearbeitete, nach einem einheitlichen Plane verfertigte Apparate für unumgänglich nothwendig. Noch grössere Differenzen herrschen in Bezug auf die anzuwendenden photographischen Trockenplatten und Entwickler. Unser Standpunkt muss in diesem Leitfaden der des Praktikers sein, der sich der Mikrophotographie zur Fixirung des Anblickes, den schwer conservirbare Präparate bieten (z. B. Präparate von frischem Blut), oder zur Demonstrirung gewisser Einzelheiten bei der Begründung von Sachverständigengutachten bedienen will oder endlich Aufschlüsse vom Bilde erwartet, die der unmittelbare Anblick nicht zu geben vermag, weil das menschliche Auge für die ultravioletten Strahlen, die doch als die kurzwelligsten des Spectrums für die Wahrnehmung sonst jenseits der Grenze der mikroskopischen Wahrnehmbarkeit liegender Details am günstigsten wären, nicht empfindlich ist, wohl aber die photographische Platte. Man missverstehe mich nicht: Wenn auch die Mikrophotographie für instructive Studien die schematische Zeichnung, welche alles Störende hinweglässt und das zu Demonstrirende hervorhebt, nicht zu verdrängen vermag, zeigt sie uns doch meist wahrhafte, objective Bilder des Gesehenen, ja noch mehr, sie zeigt uns, ermöglicht durch die dem menschlichen Auge direct nicht wahrnehmbaren, aber chemisch noch wirksamen Strahlen, Details an manchen Bildern, welche ohne Photographie verborgen geblieben wären. Leider sind die mikrophotographischen Studien lange vernachlässigt worden und deshalb sind hier wohl noch keine solchen Erfolge zu verzeichnen wie in der Astrophotographie, wo die photographische Platte Sterne zeigte, welche die besten Refractoren dem menschlichen Auge nicht einmal anzudeuten vermochten. In dieser Hinsicht dürfte das später zu besprechende, von Dr. A. Köhler, Mitarbeiter des Zeiss'schen Institutes in Jena, im Vereine mit seinem Collegen Dr. M. von Rohr zusammengestellte Instrumentarium zur Mikrophotographie in ultraviolettem Lichte vielleicht die Versäumnisse von vielen Jahrzehnten in Kürze nachzuholen gestatten. Die Mikrophotographie ist nämlich beinahe älter als die eigentliche Photographie selbst, denn nach Dr. B. Benecke in Königsberg (Vorwort zu dem aus historischen Rücksichten für jeden Mikroskopiker sehr lesenswerthen Buche Dr. A. Moitessier's: „Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung", deutsch bearbeitet und erweitert von Dr. Berthold Benecke, Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn 1868) soll der berühmte Davy (1803) versucht haben, mittelst Papieres, welches mit Silbersalzen imprägniert gewesen ist, Mikrophotographien anzufertigen, aber da man damals kein Mittel kannte, das unzersetzt gebliebene Silber wegzuschaffen (Fixirmittel), so konnten diese Versuche keinerlei brauchbare Resultate ergeben, auch war das Silberpapier sehr wenig empfindlich. Selbst

so haben Dr. R. Neuhaus' mit Hilfe von Reisecameras, Hilfstuben u. dergl. selbstangefertigte Instrumentarien Anlass zur Anfertigung gewisser Formen der horizontalen mikrophotographischen Apparate durch Zeiss, Klönne & Müller in Berlin u. A. m. gegeben, die sich durch guten Gang aller beweglichen Theile, und genaueste axiale Zusammensetzung der einzelnen Bestandtheile auszeichnen. Wer aber Gelegenheit gehabt hat, jemals einen noch so vollkommenen mikrophotographischen Apparat noch dazu nach der meist beiliegenden genauen Anleitung selbst zusammenzustellen und zu centriren, etwa wenn er mittelst Post ins Haus gebracht wurde, der kann sich einen Begriff von der Zeitversäumnis und der nöthigen Dosis Geduld machen, wenn an sich gar nicht zusammengehörige Apparatenbestandtheile zusammengesetzt werden sollen.[1]) Wir wollen daher lieber die Principien der Mikrophotographie im Allgemeinen kurz, und zwar nur, insoweit sie von den Grundsätzen der üblichen Trockenplattenphotographie abweichen, erörtern und einige Typen gebräuchlicherer mikrophotographischer Apparate, beziehungsweise deren Bestandtheile in Wort und Bild vorzuführen. Jeder Katalog bringt neue Modelle, und da denselben meist eine specielle Gebrauchsanweisung beigegeben wird, scheint eine ausführliche Anleitung zur Montirung und Centrirung solcher Apparate überflüssig zu sein. Für den Praktiker dürften billigere Instrumentarien für die Benützung von achromatischen Objectiven und gewöhnlichen Ocularen genügen, es ist ja hier das ohnehin zur Verfügung stehende Mikroskop doch die Hauptsache. Dies führt uns zur Besprechung der optischen Behelfe der Mikrophotographie.

II. Objective und Oculare zur Mikrophotographie.

Jedes Mikroskop entwirft, wie ja schon aus den anfangs dieses Leitfadens dargelegten optischen Gesetzen folgt, in der sogenanten mechanischen Tubuslänge, das ist der Länge (in Millimeter) vom untersten Rande des Tubus bis zum Rande, auf welchem das Ocular aufsitzt (optische Tubuslänge ist die Distanz vom Brennpunkte des Objebtives bis zu jener des Oculares) ein deutliches Bild. Diese Tubuslänge beträgt für unsere gewöhnlichen Objective und die meisten Apochromaten auf dem Continente 160 *mm*. Ein wirklich ganz deutliches Bild kann also nur 160 *mm* über der Ansatzstelle des Ocjectives entstehen. Mit dem Ocular zusammen entsteht ein System von Linsen, welches ein reelles Bild innerhalb der Ocularblende entwirft. Dieses Bild wird beim Mikroskopiren mittelst der Augenlinse des Oculares betrachtet wie durch eine Lupe. Soll nun das Bild ohne Ocular auf einer matten Glastafel oder sonstwie aufgefangen werden, so wäre natürlich die günstigste Entfernung 160 *mm*, doch würde in dieser Entfernung das Bild sehr klein sein. Es macht aber auch nicht viel, wenn es etwas weiter aufgefangen wird. Dann wird es auch grösser. Ueber eine gewisse Entfernung hinaus wird das Bild ganz und gar unscharf, abgesehen von der Lichtschwäche. Bei Anwendung gewöhnlicher Objective ist eine Bildweite, also Länge der Camera von mehr als 1·5 *mm* selbst bei directem Sonnenlicht nicht zu empfehlen. Mit dem gewöhnlichen Ocular erhält man bei scharfer Einstellung für das Auge auch keine ganz scharfen Bilder auf der Mattscheibe der Camera; will man das Ocular möglichst ausnützen, so muss man die Augenlinse verschiebbar machen, wie dies z. B. bei den Mikrometerocularen der Fall ist. Man kann dann die Augenlinse von der Ocularblende entfernen und die Augenlinse als Projectionslinse anwenden, so dass die Ocularblende, in der ja das Objectiv und Collectiv das reelle vergrösserte Bild entwirft, nicht mehr innerhalb, sondern ausserhalb der

[1]) Wir meinen hier insbesondere die grossen horizontalen Apparate. Verticale Apparate haben den Vorzug, dass sie leichter richtig zusammenzustellen und zu benützen sind. Davon später.

Fig. 879.

wickelt, die Bewegung auf ein Schlittenstück überträgt. Die oben ersichtliche grobe Triebeinstellung ist mit der feinen Einstellung in keiner Verbindung, wie man am ersten Blick glauben könnte. Durch die Lage des ganzen feinen

Fig. 380.

Einstellmechanismus im Innern der Säule *S* (Fig. 379) ist sie allen Schwingungen durch Angriffe von aussen entzogen. Je eine an der Säule aussen befindliche Indexmarke zeigt sowohl den höchsten, als den tiefsten St-

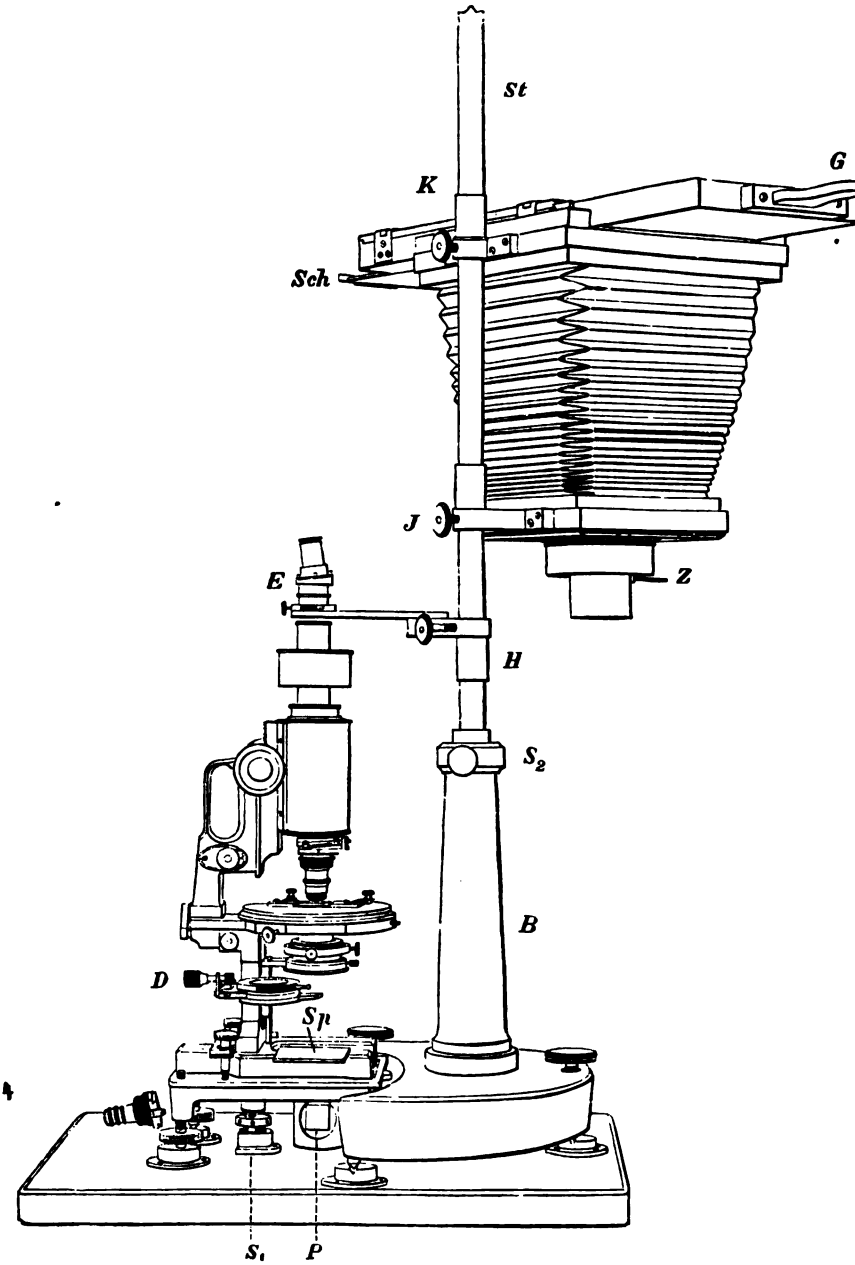


Fig. 400.

B Fuss der Verticalcamera; S_2 Klemmschraube zum Festklemmen der drehbaren getheilten Stange *St*; *H* verstellbarer Träger für den Sucher *E*; *J* und *K* verstellbare Träger für die Camera; *Z* Zeitverschluss; *Sch* aufgezogener Schieber der Schiebecassette; *G* Griff des die photographischen Platten aufnehmenden, verschiebbaren Rahmens.

mit der Camera über das Ocular des Mikroskops gebracht werden kann. Das Bild wird in dem Sucher auf einer fluorescirenden Platte entworfen und durch eine starke Lupe betrachtet. Hat man das Bild auf der fluorescirenden Platte des Suchers scharf eingestellt, so wird es auch scharf auf der photographischen Platte entworfen, wenn man die Camera an die Stelle des Suchers bringt. Voraussetzung ist, dass der Abstand der Platte von dem Oculardeckel etwa 30 *cm* beträgt. Abweichungen der Cameralänge, die einige Centimeter nicht überschreiten, beeinträchtigen dabei die Schärfe der Abbildung nicht merkbar.

Als Lichtquelle dient der zwischen Kadmiumelektroden (in gewissen Fällen auch Magnesiumelektroden) überspringende Funkenstrom einer Leyde-

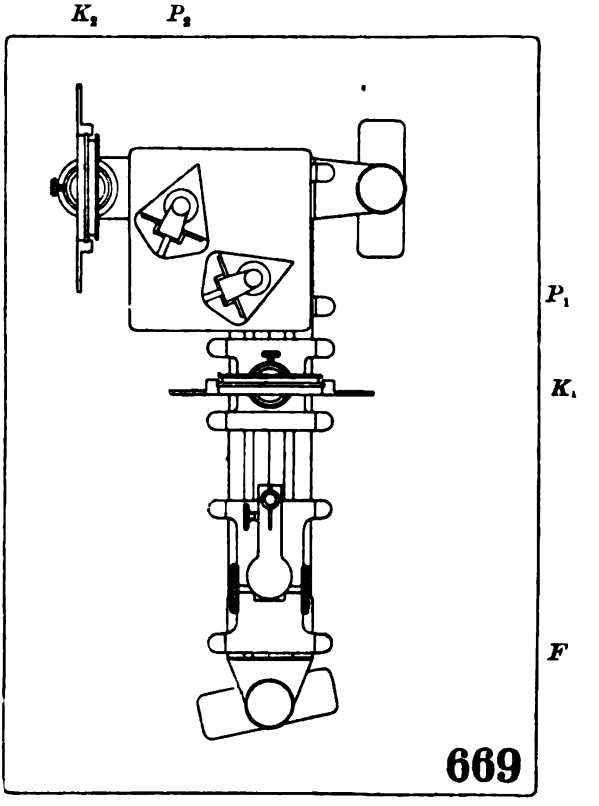


Fig. 401 (Grundriss).

ner Flasche, die am bequemsten durch einen Funkeninductor (von etwa 10 *cm* Funkenlänge) geladen wird.

Das Funkenlicht wird durch einen besonderen Beleuchtungsapparat (Fig. 401) mit Linsen und Prismen aus Bergkrystall zerlegt, und das zur Anwendung kommende Licht von der Wellenlänge 275 $\mu\mu$ (bei Magnesium 280 $\mu\mu$) wird durch eine Irisblende abgesondert. Diese Blende bildet die Eintrittspupille eines Condensors aus Bergkrystall, der an die Stelle der gewöhnlichen, aus Glas bestehenden Condensorsysteme tritt. Er führt dann dieses Licht in Gestalt eines Strahlenkegels von grösserer oder kleinerer Apertur dem Object zu.

Die folgende Tabelle gibt für die Monochromate und die Quarzocularе eine Reihe passend abgestufter Vergrösserungen nebst den zugehörigen

„optischen Cameralängen". Unter dieser Bezeichnung ist der Abstand der lichtempfindlichen Platte von dem hinteren (oberen) Brennpunkt des Mikroskops verstanden; da dieser durch den Oculardeckel äusserlich genügend genau markirt ist, und da die Lage der Platte auf dem die Cassetten aufnehmenden Theil der Camera durch einen Strich bezeichnet ist, so lässt sich diese Grösse mit einem gewöhnlichen Masstab unmittelbar messen.

Als Vergrösserungszahlen sind, mit zwei Ausnahmen, ganze Vielfache vom Hundert gewählt; so weit als möglich ist dabei zugleich die Forderung erfüllt, dass unter sonst gleichen Bedingungen der Uebergang von einem Ocular zum nächst stärkeren eine Verdoppelung der Expositionszeit bedingt.

Die optischen Cameralängen sind in Centimetern angegeben. Die zwischen den einzelnen Objectiven und Ocularen vorhandenen kleinen Verschiedenheiten der Brennweiten, sowie der Einfluss kleiner Abweichungen der Tubuslänge, die bei Benützung von Wechselvorrichtungen eintreten können, lassen sich nöthigenfalls durch kleine Aenderungen der für die optische Cameralänge angegebenen Werthe ausgleichen. Den Betrag der erforderlichen Correction kann man leicht ermitteln, wenn man bei der in der Tabelle angegebenen optischen Cameralänge den genauen Werth der Vergrösserung durch eine Aufnahme eines Mikrometers bestimmt hat.

Diese Werthe, nämlich die Vergrösserungen und optischen Cameralängen für die Monochromate und die Quarzoculare bei 160 *mm* Tubuslänge und bei der Wellenlänge $\lambda = 275\ \mu\mu$, gibt die Firma Zeiss wie folgt an:

Objective	Oculare	5	7	10	14	20
6 *mm* n. A. 0·35 r. A. 0·70	Vergrösserungen . . .	200	300	450	600	900
	opt. Cameralängen *cm* .	24	25·5	27	25·5	27
	Vergrösserungen . . .	250	400	500	800	1000
	opt. Cameralängen *cm* .	30	34	30	34	30
2·5 *mm* n. A. 0 85 r. A. 1·70	Vergrösserungen . . .	500	700	1000	1400	2000
	opt. Cameralängen *cm* .	26·5	26·5	26·5	26·5	26·5
	Vergrösserungen . . .	600	800	1200	1600	2400
	opt. Cameralängen *cm* .	31·5	30	31·5	30	31·5
1·7 *mm* n. A. 1·25 r. A. 2·50	Vergrösserungen . . .	700	1000	1500	2000	3000
	opt. Cameralängen *cm* .	24	24·5	26	24·5	26
	Vergrösserungen . . .	900	1300	1800	2500	3600
	opt. Cameralängen *cm* .	31	32	31	31	31

Interessant sind noch die Angaben über die Brennweiten, Aperturen und die optische Leistung (relatives Auflösungsvermögen) der neuen Objective für ultraviolettes Licht und der zugehörigen Quarzoculare. Hier folgen sie:

Monochromatobjective, corrigirt für $\lambda = 275\ \mu\mu$ und 160 *mm* Tubuslänge.

	Bezeichnungen	Relatives Auflösungsvermögen
Trockensystem . .	6 *mm*, num. Ap. 0 35	0·70
Glycerinimmersion	2·5 *mm*, num. Ap. 0·85	1·70
	1·7 *mm*, num. Ap. 1·25	2·50

faden nicht zu, die seit Erfindung des Ultramikroskopes damit gemachten diesbezüglichen Entdeckungen kritisch zu besprechen, und ich unterlasse daher auch ihre Anführung, insofern sie noch keine Verwendung in der Praxis gefunden haben. Dagegen glaube ich, dem geehrten Leser die Beschreibung der ultramikroskopischen Apparate und deren Handhabung, also das rein Technische an dem ultramikroskopischen Instrumentarium, nicht vorenthalten zu dürfen, da jeder Tag eine Entdeckung oder eine Methode bringen kann, welche das Ultramikroskop plötzlich vielleicht zu einem, auch für den Praktiker dieses oder jenen Faches unschätzbaren Untersuchungsbehelfe macht. Entsprechend der Genesis der ultramikroskopischen Untersuchungsmethode will ich zunächst, obgleich auch C. Reichert in Wien derartige, den Zeiss'schen ähnliche ultramikroskopische Einrichtungen hergestellt hat, die zu ihrer Ausübung nöthigen Instrumente an der Hand der Zeiss'schen Construction, die ja unter der steten Mitwirkung der Erfinder erfolgte, besprechen und abbilden. Die Apparate sind verschieden zusammengestellt, je nachdem man direct feste durchsichtige Körper (z. B. Goldrubinglas oder Saphiringlas) oder Flüssigkeiten in Massen untersuchen will, oder ob man beabsichtigt, zwischen Objectträger und Deckglas befindliche ultramikroskopische Objecte, z. B. Substrate, von denen man vermuthet, dass sie Bakterien, die bei der gewöhnlichen mikroskopischen Methode sich durch ihre Kleinheit der Beobachtung entziehen, enthalten können, der Untersuchung zu unterwerfen. Gemeinsam ist allen Apparaten als Lichtquelle eine in einen lichtdichten Kasten eingebaute, selbstregulirende Bogenlampe,[1]) wie sie auch zu grösseren Projectionsapparaten (Skioptikon) und in der Mikrophotographie benützt wird, eine sogenannte optische Bank, die wir auch schon aus dem Abschnitte über die Apparate zur Mikrophotographie kennen und schliesslich ein Mikroskop, welches im Wesen sich in keiner Weise von den gewöhnlichen Mikroskopen unterscheidet.

Als Stativ dient entweder ein mit einem beweglichen Tisch versehenes mittleres Stativ (Zeiss III), mit der beim Abschnitte „Apparate zur Mikrophotographie" beschriebenen Berger'schen Mikrometerbewegung oder ein grosses mikrophotographisches Stativ, wie wir ja solche verschiedener Firmen in dem Abschnitte über Apparate zur Mikrophotographie ebenfalls bereits kennen gelernt haben. Weder ein beweglicher Tisch noch die neue Mikrometerbewegung sind wesentliche Attribute des Statives, das zu ultramikroskopischen Untersuchungen dienen kann, doch ist besonders ersterer zur bequemen und störungsfreien Beobachtung ultramikroskopischer Objecte zwischen Objectträger und Deckglas nothwendig. Jedenfalls aber muss das zu diesen Untersuchungen herangezogene Stativ das Substage für den Abbe'schen Beleuchtungsapparat besitzen, da der Dunkelfeldcondensor, den die Firma Zeiss liefert, nur in dieses passt. Auch muss das Stativ sich auf der optischen Bank befestigen lassen. Andere Grundbestandtheile sind ein beweglicher Spalt und ein Projectionsobjectiv von 80 *mm* Brennweite, welches sich auf einem sogenannten „Reiter" auf der optischen Bank verschieben lässt, und ein ebensolches von 55 *mm* Brennweite. Ueber die Beobachtungsobjective und sonstige Erfordernisse werden wir an der Hand der vom Zeiss'schen Institute herausgegebenen Beschreibung im Folgenden informirt werden. Zunächst wollen wir annehmen, es handle sich um Sichtbarmachung ultramikroskopischer Theilchen in einer in grösserer Menge zur Verfügung stehenden

[1]) In Ländern mit meist heiterem, selten bewölktem Himmel kann auch die Sonne als Lichtquelle dienen, in welchem Falle man ihre Strahlen mittelst eines Uhrwerkheliostaten in den Apparat wirft.

dass man einerseits seine Breite direkt durch Ablesung am Ocularmikrometer bestimmt, wie das Fig. 408 unmittelbar zeigt.

Sodann dreht man den Präcisionsspaltkopf um 90°. Es projicirt sich dann die eigentliche Spaltbreite, welche der Tiefe der Beobachtung entspricht, im mikroskopischen Bilde von links nach rechts. Die Ablesung am Ocular-

Fig. 408.

mikrometer ergibt wieder unmittelbar die Tiefe. Zweckmässig werden hiebei die Seitenbacken möglichst eng zusammengeschoben.

Es erübrigt noch, einen Theil des Lichtkegels vorn und rückwärts ab-

Fig. 409.

zugrenzen. Es geschieht dies durch Drehen des Ocularmikrometers in die Stellung der Fig. 409.

Statt der Theilung können im Ocular quadratische Felder angebracht sein. Sind deren Dimensionen bekannt, so ergibt sich die Abgrenzung des Strahlenkegels ebenso unmittelbar. Fig. 410 zeigt die Netztheilung im Huygens'schen Ocular 4. Sie enthält 18 quadratische Felder. Die Seitenlänge eines solchen Quadrates hat in der Combination mit der Wasserimmersion D^* und einer Tubuslänge von 160 *mm* einen Werth von nahezu 9 μ, bezogen auf das Object. Diese Angabe ist für ungefähre Messungen ausreichend. Handelt es sich jedoch um genaue Messungen, so muss der Beobachter den Werth für das von ihm benützte Ocular und Objectiv durch Vergleichung mit einem Objectmikrometer feststellen.

Fig. 410.

Auf das Ocular endlich wird zur Beobachtung des Polarisationszustandes der Theilchen ein Analysator gesetzt. Die Theilchen zeigen sich, je kleiner sie werden, desto mehr nach der Ebene polarisirt, welche durch die Axe der beleuchtenden und abgebeugten Strahlen geht (Hauptbeugungsebene). Der Analysator dient ferner zur Unterscheidung des nicht polarisirten Fluorescenzlichtes von dem gebeugten Lichte.

Die geschilderten Apparate in ihrer eben beschriebenen Zusammenstellung genügen blos für Flüssigkeiten und durchsichtige feste Körper. Für

wie die Fig. 414 zeigt, auf einen kleinen Ständer zu liegen. Will man mit dem Apparate Flüssigkeiten untersuchen, so wird an dem Stative ein Cuvettenhalter befestigt und der Ständer für feste Körper beseitigt. Als Beobachtungsobjectiv benützt man hier ebenfalls eine Wasserimmersion, die C. Reichert mit einer Brennweite von 3·75 *mm* anfertigt. C. Reichert fertigt auch, wie erwähnt, eine neue Dunkelfeldbeleuchtung für bakteriologische Zwecke an. Die Lichtquelle ist hier ebenfalls Sonnen- oder elektrisches Licht.

Fig. 415 zeigt die Reichert'sche Construction.

Die Lichtzufuhr regelt ein Wechselcondensor, eingerichtet zum Einschalten entweder eines Abbe'schen Condensors (Fig. 415), Apertur 1·20—1·40, oder eines Condensors von Apertur 0·2. Der erstere dient zum ersten Einstellen des Objectes, letzterer zur eigentlichen Dunkelfeldbeleuchtung nach erfolgter Einstellung.

Als Beobachtungsobjectiv wird eine Immersion 1/12" oder noch besser Apochromat 2 *mm* homogene Immersion (da in Folge Verminderung des secundären Spectrums die Bilder wesentlich reiner und schärfer hervortreten) verwendet, an deren Frontlinse die sphärische Fläche von Apertur 0—0·3 abgeschliffen und geschwärzt ist, so dass bei Verwendung des Condensors von Apertur 0·2 kein directer Strahl in das Objectiv eintreten kann.

C. Reichert hat mit seinem Apparate die Entdeckung gemacht, dass im frisch entnommenen Blute ausser den Blutzellen und den schon früher beobachteten Vorkommnissen eine wechselnde Menge ultramikroskopischer fester Theilchen enthalten sind, die lebhafte Molecularbewegung zeigen. Nach Einnahme üppiger Mahlzeiten scheinen sie wesentlich zahlreicher zu sein. Vielleicht stehen wir an der Schwelle einer neuen Epoche von durch das Ultramikroskop ermöglichten, bedeutungsvollen Entdeckungen.

Errata.

Seite 127 (Zeile 17 von oben) soll es heissen: „Fig. 81 A" statt „Fig. 71 A"
„ 144 (Anm.) soll es heissen: „Diffractionssäume" statt „Difffactionssäume"
„ 159 (Anm. 2) soll es heissen: „Elzholz" statt „Etzholz"
„ 300 (Zeile 12 von unten) soll es heissen: „Mikroskopie" statt „Mikrospopie"
„ 380 („ 10 „ „) „ „ „ „Schizomyceten" statt „Schyzomyceten"
„ 489 („ 9 „ „) „ „ „ „Gypsplättchen" statt „Gppsyplättchen"
„ 430 („ 5 „ „) „ „ „ „Krystalle" statt „Kystalle".

B.

C.

D.

E.

F.

H.

I.

J.

K.

L.

M.

N.

O.

Q.

T.